UNIVERSITE QUISQUEYA(UNIQ)

HAUT DE TURGEAU, PORT-AU-PRINCE, HAITI



FACULTE DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ENVIRONNEMENT

EFFETS DES CRUES SUR LES TERRES AGRICOLES AU NIVEAU DES BASSINS VERSANTS DE LA RIVIERE GRISE ET DE MONTROUIS

Mémoire de fin d'étude préparé par l'étudiant Wilgens NOEL

Sous la direction de Monsieur Yvio GEORGES, Ing-Agr. MSC

Option : Protection et aménagement de l'environnement

Facultés des Sciences de l'Agriculture et de l'Environnement (FSAE)





Port-au-Prince, le 03 Septembre 2013

Remerciements

Je n'aurais pas pu réaliser un tel document sans la contribution de plusieurs personnes et organismes.

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu pour son aide sans quoi la réalisation de ce travail serait impossible ;

Je dis un grand merci à mes parents particulièrement Livèce NOEL et Antilia NOEL qui ont beaucoup investi dans mes études et m'ont donné tous les accessoires rendant possibles ma vie étudiante.

Je remercie HELP pour son soutien financier qu'il m'a donné dans les études universitaires.

L'assistance financière permet de travailler dans de meilleures conditions. Je tiens à remercier USAID/WINNER pour son aide financière qui m'a permis de répondre aux exigences de la recherche durant les six mois allant du mois de Mai au mois d'Octobre 2012.

J'exprime ma profonde gratitude envers les membres du Jury : Edmond Magny, Yvio Georges, Martin Giovani Bourdeau pour avoir accepté mon mémoire.

Mes plus profonds et sincères remerciements vont à celui sans qui cette étude n'aurait été réalisée, à celui qui m'a soutenu dans ce mémoire : mon encadreur Mr. Yvio Georges. Merci pour vos qualités humaines. Merci d'avoir partagé avec moi votre expérience scientifique, merci pour votre très grande disponibilité en toutes circonstances, votre soutien et la patience dont vous avez su faire preuve et qui m'ont permis d'apprécier pleinement ce domaine.

Plusieurs professionnels m'ont guidé et assisté tout au long de cette étude. Je leur adresse mes remerciements cordiaux notamment Dr. Gaël Pressoir et professeur Jean-Rener Joseph pour les conseils qu'ils m'ont donné dans le travail de recherche.

Merci aux étudiants boursiers USAID/WINNER de l'université Quisqueya : Jean-Rigaud Charles et Manassé Elusma pour avoir gardé contact dans les procédures d'obtention du support financier USAID/WINNER et de l'acceptation de nos sujets de recherche.

En fin, je dis un gros merci à tous mes amis qui ont participé d'une façon ou d'une autre pour rendre concret cette étude. Mille mercis à tous.

Résumé

Ce travail de fin d'étude concerne les effets des crues et d'érosion des berges des rivières Grise et de Montrouis sur les zones agricoles de proximité. Il a été possible grâce à l'utilisation des outils SIG disponibles (logiciels MapInfo, version libre de Google Earth, ArcGis,) ainsi que des outils de collecte de données primaires sur le terrain (fiches d'enquêtes). Des sites de conversion et de quantification des fichiers kml/kmz en shp et le logiciel Global Mapper ont été aussi valorisés dans la réalisation de ce travail. L'utilisation de tous ces outils a permis de cartographier la dynamique des lits des rivières de 2002 à 2010, de les quantifier et de suivre leur évolution durant les différentes périodes séquencées. Les enquêtes ont permis, d'une part, de valider les travaux réalisés à partir des outils cartographiques susmentionnés et, d'autre part, de collecter les données sur les effets des crues et l'érosion des berges sur les exploitations agricoles, entre autres. Les résultats ont révélé que les lits principaux des rivières de ces deux bassins versants étudiés ont connu, de 2002 à 2010, une évolution spatiale de près de 1,02 km^2 soit environ 102 ha et les espaces agricoles touchés ont perdu en total 40.84% de leur superficie. Il se peut que la situation deviennent pire dans l'avenir si des actions correctives ne sont pas adoptées tant en amont qu'en avant de ces bassins versants ou les rivières sont furieuses particulièrement en période de crue.

Abstract

This study work concerns the effects of flooding and erosion of river banks in the river Grise and Montrouis in agricultural areas nearby. It has been possible thanks to the use of available GIS tools (Software: MapInfo, free version of Google Earth, ArcGis) together with primary data collection tools. Conversion and kml / kmz files quantification web sites as well as Global mapping software were also valued in the realization of this work. The use of these tools has allowed us to map river beds from 2002 to 2010, quantify and monitor their evolution during the different periods sequenced. The surveys have allowed, first, to validate the work realized with different mapping tools above-mentioned. Secondly, the data collection of flooding and erosion effects on the farm (river banks). The results have shown that riverbeds of the river Grise and Montrouis suffered during 2002-2010 a huge spatial digression of 1.02 km^2 with a total loss of 40.84% of farms affected. It may be the situation becomes worse in the future if the preventive and corrective actions will not be conducted both upstream and downstream in the both rivers studied.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

HELP **:** Haitian Education and Leadership Program

WINNE **:** Watershed Initiative for National Natural Environmental resources

USAID **:** United States Agency for International Development

KML **:** Keyhole Markup Language

KMZ **:** Kangaroo Management Zone

UTSIG : Unité de Télédétection et de Système d'Information Géographique

SIG : Système d'Information Géographique

MDE : Ministère De l'Environnement

CNSA : Coordination Nationale de la Sécurit Alimentaire

FEWS-NET **:** Famine Early Warning Systems Network

BV : Bassin Versant

LTHE : Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement

CNIGS : Centre National d'Informations Géospaciales

CC : Centimètre Cube

Ha : Hectare

°C : degré Celsius

mm : millimètre

SMN : Service Météorologique National

IICA **:** Institut International de Coopération pour l'Agriculture

FAO : L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

LGL S.A : Luxury Goods Logistics

IHSI **:** Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique

m^3 /s **:** mètre cube par seconde

km : kilomètre

CRA : Constitution Restoration Act

OCS : Occupation de sol

% **:** Pourcentage

BVM : Bassin versant de Montrouis

BVRG : Bassin versant de la rivière Grise

FVD : Faire valoir direct

FVI : Faire valoir indirect

i.e. : C’est-à-dire

OMM **:** Organisation Mondiale de la Météorologie

EA **:** Exploitation agricoles

TM **:** Tonne métrique

I-INTRODUCTION

1.1-Généralité

L'érosion hydrique des sols est l'une des formes de manifestations les plus évidentes de la dégradation des terres en Haïti. Ce processus d'érosion, imputable directement à l'action conjuguée des pluies très abondantes et violentes, de la réduction de la couverture forestière et aux pratiques agricoles non durables, atteint une dimension alarmante en Haïti. En particulier, une grande partie du territoire se trouvant dans les départements l'Ouest et de l'Artibonite exhibe un niveau de risque qui s'aggrave au quotidien. Le niveau d'érosion est globalement élevé à l'échelle nationale et une bonne partie de ces terres arables est irrécupérable. Plus de 50 % des sols, principalement dans les zones de pente, sont érodés ou soumis à des risques très élevés d'érosion (UTSIG, 2002, cité par MDE, 2006). Selon les approximations, la perte annuelle en terre agricole due à l'érosion pour l'ensemble du pays est estimée à environ 37 millions de tonnes métriques (TM), soit en moyenne un équivalent de 15 TM/ha./an (INESA, 2008). L'érosion perturbe intensément les fonctions du sol, notamment en ce qui concerne son rôle dans le cycle hydrologique et les cycles des nutriments et dans le maintien d'un habitat varié (terrestre et aquatique) pour soutenir la biodiversité. Celle-ci forme une base de valeur garantissant les différents biens et services pouvant être tirés des ressources terrestres ou aquatiques.

L'érosion des terres a pour conséquences une diminution de rendement qui se traduirait en des pertes de productions évaluées entre 4 et 5 millions de dollars américains par an en valeur actuelle (MDE, 2008). Ces pertes sont immenses notamment pour les 2/3 de l'ensemble des habitants vivant en milieu rural et dépendant principalement de la production agricole comme source de nourriture et pour plus de 50% de ses revenus (CNSA/ FEWS-NET, 2005). Il faut aussi souligner que cette perte de terres agricoles est considérable au niveau des zones de proximité des berges sous l'action des crues et d'érosion des berges, phénomènes qui s'expliquent, selon CEMAGREF (2004) cité par Georges et Jasmin (2007), par la déformation tant en long et en large qu'en profondeur des cours d'eau par les apports liquides et solides qu'ils reçoivent de l'amont vers l'aval.

1.2-Contexte de l'étude

D'une manière générale, l'érosion des berges est un phénomène naturel inéluctable qui, amplifiée par les activités anthropiques, menace les propriétés riveraines (les terres agricoles en particulier) et les infrastructures publiques situées dans les endroits les plus vulnérables. L'érosion des berges à l'échelle mondiale est un phénomène en progression depuis les dernières décennies. Dans plusieurs endroits du globe, on associe l'acuité du phénomène à la problématique des changements climatiques ce qui tient l'actualité.

Elle menace les terres agricoles et la biodiversité existantes, lesquelles sont souvent situées le long des berges des rivières. Ceci est particulièrement vrai, où dans plusieurs localités dans les bassins versants étudiés, les berges sont gravement touchées par une évolution progressive, ce qui engendre une perte considérable de terres arables.

Au cours de ces dernières années, à cause des effets des aléas naturels de plusieurs catégories affectent les berges des BV de la rivière Grise et de Montrouis. Ces BV ont connu une divagation énorme pendant la période allant de 2002 à 2010.

Lors des crues torrentielles, les berges de ces rivières sont grandement frappées par le sapement ou l'affouillement et parfois par le glissement de terrains sans oublier la mobilité des méandres. Ces crues torrentielles ont souvent provoqué l'inondation des plaines. Les cultures sont aussi souvent ravagées par les effets des crues torrentielles dans les régions de plaines.

En se basant sur tous ces aspects précités, des lignes directrices pour réaliser une étude ont été fixées

1.3-Objectifs

1.3.1-Objectif général

Faire connaître les effets des crues sur les terres agricoles au niveau des bassins versants de la rivière Grise et de Montrouis.

1.3.2-Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques consistent á :

- ❖ Analyser les effets des crues et de l'érosion sur la perte des terres agricoles ;
- ❖ Déterminer la superficie des terres agricoles perdues par la divagation des lits des rivières á partir des images aériennes et le Système d'Information Géographique (SIG);
- ❖ Identifier les causes et les conséquences des crues ;
- ❖ Identifier les enjeux exposés aux crues et à l'érosion des berges ou affouillement des berges en aval ;
- ❖ Faire des propositions pour mitiger les menaces en aval notamment sur les espaces agricoles ;

1.4-Hypothèse

Le système d'Information Géographique(SIG), les enquêtes de terrain et les analyses des données préexistantes peuvent constituer des outils et moyens permettant de mieux apprécier les problèmes causés par les crues et l'érosion des berges sur les terres agricoles au niveau des bassins versants de la rivière Grise et de Montrouis.

1.5-Intérêts de l'étude

Cette étude a conduit à la connaissance des effets des crues et de l'érosion des berges sur la perte des terres agricoles dans les BV de la rivière Grise et de Montrouis. Elle a proposé des solutions pour des recherches ultérieures et des pistes d'actions pour les décideurs.

1.6-Limitations de l'étude

- ❖ n'ont pas été prises en compte les pertes en vies humaines et les pertes matérielles survenues lors des crues pendant la période considérée ;
- ❖ n'ont pas été prises en compte le nombre (TM) de sols arables perdus annuellement au niveau des berges des BV quand celles-ci sont en crues mais les superficies perdues ;
- ❖ le volume des sédiments charriés vers les zones de plaines et l'exutoire par an susceptibles d'entrainer des débordements et inondations aurait été dû calculer mais par faute de moyens financiers, cela nous a paru difficile ;
- ❖ Contrainte temporelle ;

II-REVUE DE LITTERATURE

Il n’y a pas de recherche sans documentation (L. Albarello et al. 1995, p.9). Ainsi, dans ce chapitre, le point d’une manière précise a été fait sur les variables étudiées. Une telle démarche a permis d’étoffer le cadre théorique, de situer comparativement la problématique de l’étude.

2.1-Définition et caractéristiques d’un basin versant

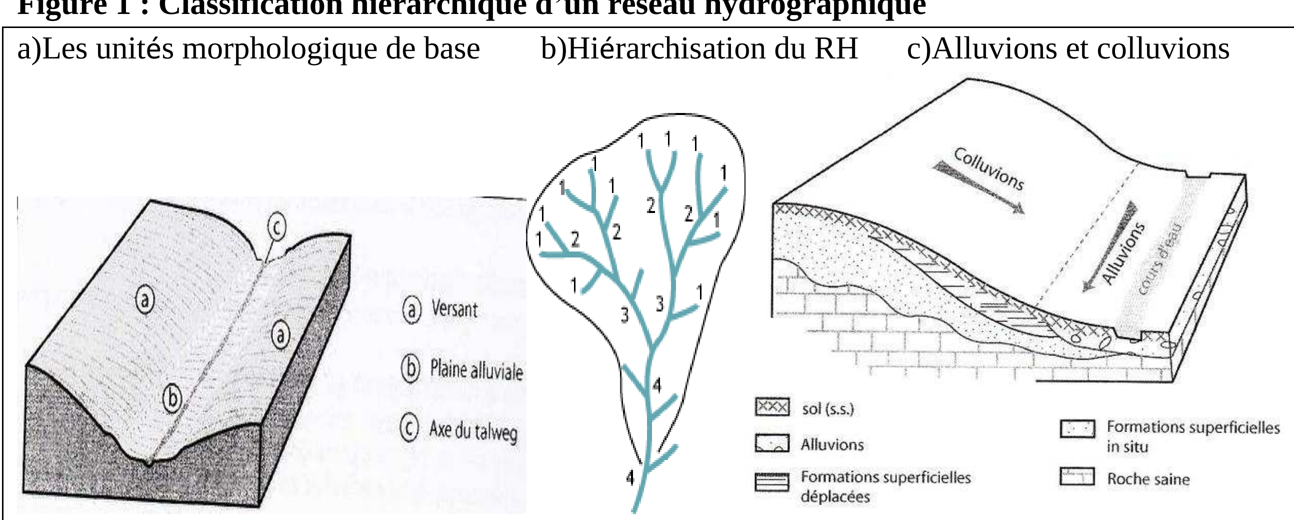
2.1.1-Bassin versant

Le BV est une partie d’un territoire où se combinent un sous-système hydrique qui donne de l’eau et un sous-système économique et social, le capital, la main-d’œuvre et la technologie. Il produit des biens et services sur le plan agricole, pastoral et forestier ainsi que des divertissements vitaux pour les populations des zones en aval. Selon JOSEPH, 1998, chaque bassin versant est délimité par une ligne de crête (ligne qui partage les eaux). Il est drainé par un fleuve ou une rivière principale et des cours d’eau secondaires et tertiaires (BV de la rivière Grise et de Montrouis).

2.1.2-Classification des réseaux hydrographiques d’un BV

La classification d’un réseau hydrographique est une façon de hiérarchiser les branches du réseau par ordre d’importance en donnant à chacune une valeur propre. Il existe en effet plusieurs méthodes de classification. Dans ce document, la classification de Strahler a été mise en relief. Selon ce dernier, tout drain n’ayant pas d’affluent est attribué la valeur 1. La méthode de n+1 est utilisée pour calculer pour la confluence de deux drains d’ordre n (Valadas, 2011)[1]. L’image ci-après a montré clairement ce qu’est la méthode de Strahler et le drain (branche) 4 correspond à celui dont sa dynamique a été observée de 2002 à 2010.

Figure 1 : Classification hiérarchique d’un réseau hydrographique



[1] Bernard VALADAS. 2011. Géomorphologie dynamique. 192P

2.1.3-Caractéristiques physiographiques d'un BV

Les BV sont caractérisés par : les sommets[1,] les flancs[2], les ravins[3] ou rigoles et les zones de deposition[4].

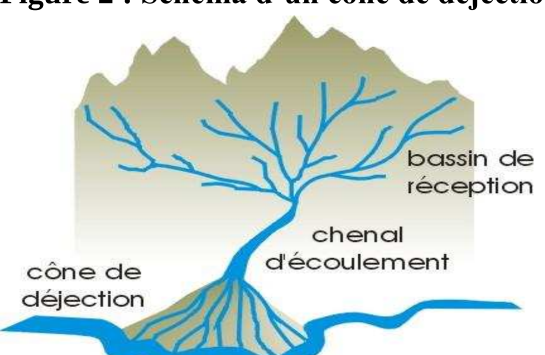
1-Les sommets sont des parties supérieures du BV et forment deux surfaces planes (replats sommitaux) ou inconsidérément convexes, le plus souvent allongées, parfois étriquées, de part et d'autre de la ligne de crête.

2-Les flancs font suite aux sommets et sont caractérisés par de pentes accidentées à moyennes et par des ruissellements brusques et intenses pouvant causer l'érosion de la surface du sol si celle-ci n'est pas bien aménagée ou gérée (GIL, 1996). Dans le flanc, il peut y avoir également des replats ou certaines zones qui représentent un adoucissement très prononcé de la pente (DEVIENNE, 1997 cité par SAINT-PREUX, 2000).

3-Les ravins ou rigoles sont tous des tracés creusés par les eaux pluviales en montagne. Ils constituent le réseau hydrographique ou de drainage du BV. La géométrie des rigoles joue un rôle capital dans la vitesse d'écoulement des eaux et par une importance non négociable sur le débit durant la tombée des pluies. Cette géométrie est la conséquence de l'affouillement graduel et continuel, et dépend de la nature du sol, de la roche mère sous-jacente, de la pente, de la végétation et du régime des pluies (GIL, 1986). La fraction bombée qui se retrouve entre deux rigoles porte le nom d'interfluve (DEVIENNE, 1997).

4-Les zones de déposition comportent les terrains où les matériaux déracinés ou extorqués des sommets et des flancs viennent se déposer. Elles sont constituées en réalité par : le piémont, la vallée, les cônes de déjection, la plaine colluvio-alluviale et la plaine alluviale (GIL, 1996).

Figure 2 : Schéma d'un cône de déjection



Source : Universite de liège, département des sciences (géologie) [2]

[2] **Source :** http://www2.ulg.ac.be/geolsed/processus/processus.htm/consulté le 08/05/12

2.1.4- Indices de forme d'un BV

La forme d'un BV, entre autres, peut contribuer à l'accroissement du débit d'un cours d'eau ainsi qu'à l'apparition progressive des crues. En effet, plusieurs indices de formes permettent de caractériser et de comparer les BV entre eux. Parmi ces indices, celui de compacité de Gravelius (1914) est le plus utilisé. Il est caractérisé par le rapport du périmètre du BV au périmètre du cercle qui a la même surface. Il est de 1 pour un BV de forme presque circulaire et supérieur à 1 lorsque le BV est de forme allongée.

La formule est la suivante : $C=4\pi\ A/P^2=12.57A/P^2$. Et son utilisation monte que les deux BV de la rivière Grise présentent une forme plus ou moins allongée. Ce qui pourrait réduire les débits de pointe en aval si la couverture végétale en particulier n'était pas dégradée.

2.1.5-Dégradation des BV

Elle est liée à leur perte de valeur dans le temps, y compris la capacité de production des terres et de l'eau (SHENG, 1993). Elle traduit la détérioration des rivières (sols arables) et les effets associés (érosion de sols, sédimentation, perte de revenu). Elle accélère la dégénérescence écologique, engendre une restriction des possibilités économiques et intensifie les problèmes sociaux (FERNANDEZ, 1997).

2.2-Crues

L'Etat des BV est l'un des résultats d'un ensemble de phénomènes éco-climatiques. Ainsi, on ne peut pas parler de la dégradation des BV sans penser aux crues. Dans cette partie, sont développés la nature et la typologie des crues, leurs facteurs causaux et leurs effets sur les espaces menacés.

2.2.1-Définition des crues

1-La crue se définit en tant qu'un gonflement rapide ou brusque de l'hydrogramme dû à l'augmentation du débit d'une rivière, d'un fleuve ou tout cours d'eau[3].

2-Elle est définie comme une montée du niveau d'un cours d'eau, résultant de la fonte des neiges ou des glaces ou de pluies torrentielles/abondantes[4].

2.2.2-Typologie des crues

En général, on distingue deux types de crues : les crues normales (fluviales), d'une part et les crues torrentielles, d'autre part, même si le passage de l'une à l'autre se fait de façon continue. Les crues normales, généralement saisonnières, affectent les cours d'eau importants aux vastes

[3] http://www.aquaportail.com/definition-4158-crue.html#ixzz25ax61nht/ consulté le 05 septembre 2012

[4] http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/crue/20764 / consulté le 05 septembre 2012

bassins versants. Dans le cas des pluies fluviales la montée des eaux est souvent lente. Les crues torrentielles ou rapides, subites, brutales soudaines ou encore qualifiée d'éclair affectent n'importe quelle partie du réseau hydrographique. Elles sont souvent dûes à des pluies de caractère convectif très violentes et localisées. Elles sont caractérisées/définies par une évolution très rapide et une montée des eaux très brutale[5]**.** Le tableau ci-dessous en donne une idée des types des crues et/ou d'inondation.

Tableau 1 : Typologie simplifiée des crues et inondations

Type d'inondation	Caractéristiques	Principales zones concernées ou ciblées
Inondation en zone urbaine et périurbaine	Dûe à des **pluies locales de forte** intensité. Petits BV. Montée des eaux très rapide, pratiquement concomitante du pic pluviométrique, renforcée en zone de ville par la présence de surfaces imperméabilisées	Zones urbaines avec pentes accidentées sous climat de fortes précipitations
Crue torrentielle ou qualifiée d'éclair	**BV de taille moyenne** (100 à 5000km^2) des secteurs collinaires. **Pente raide** vitesse de l'eau inferieure à 2m/s Propagation de l'onde de crue entre 5 et 15km/h	Zones collinaires et montagneuses sous climat à fortes précipitations (tropical, méditerranéen, continental)
Inondation par submersion marine	engendrée par des invasions de la mer lors des tempêtes après rupture du cordon littoral et surcote marine	Côte basse, côte à lido, estuaires.
Les crues par remontée de la nappe phréatique	Montée des eaux très lente (1à 10 cm/jr) Crues conditionnées par la géologie. Durée de submersions longues (plusieurs mois parfois). Souvent associées à des inondations des zones de plaine.	Plaines basses à formations géologiques perméables
Inondation des zones de plaine	Partie basse des BV. **Faible pente**. Ecoulement et montée de l'eau lente sauf rupture d'ouvrage. **Durée de submersion longue** (plusieurs jours à plusieurs semaines) **Vastes zones inondées.**	Cours d'eau des zones à pluviométrie peu intense et de faibles pentes. Plaine alluviale des grands fleuves.

Source : d'après F. Vinet, 2003

[5] www.ecosociosystemes.fr/crue.html./consulté le 28 Avril 2012

2.2.3-Nature et facteurs déterminant les crues

2.2.3.1-Nature/origine des crues

Le cycle hydrologique, établi par l'énergie solaire, alimente la terre en eau douce grâce à des précipitations annuelles, qui, en un endroit donné, ne sont pas variables sur de longues périodes.

Selon la répartition dans l'espace et dans le temps de ces précipitations et leur intensité, des pics de crues annuels arrivent de manière inattendue et brutale dans les rivières et les ruisseaux.

Lorsque le débit des rivières et des ruisseaux dépasse leur capacité, l'eau déborde et se répand dans les terres attenantes en provoquant ce qu'on appelle des crues ou des inondations. Les crues sont donc le résultat des précipitations extrêmes ou de la réduction de la capacité de transport d'un cours d'eau due à un envasement ou à un embâcle, ou encore à une conception de voies navigables peu appropriée aux activités de drainage transversal. Il faut aussi mentionner que des modifications anthropiques (activités humaines) dans le bassin hydrographique et dans les plaines inondables exercent une action déterminante également sur la fréquence, l'intensité et les caractéristiques naturelles des crues.

Et enfin, le cours supérieur est la source d'eau principale qui coule le long des fortes pentes et des vallées étriquées qui sont sujettes aux glissements de terrain et aux coulées de boue. Le cours moyen s'écoule dans les larges vallées et dont le cours d'eau est généralement stable, constitue une plaine inondable étroite et se caractérise par des crues soudaines, les crues éclaires, où les eaux se déplacent rapidement.

Le cours inferieur, pour sa part, draine principalement les plaines qui peuvent être facilement submergées par l'eau de faible altitude qui entourent le cours principal et ses affluents ainsi que l'embouchure du fleuve (LEONE, MESCHINET DE RICHEMOND et VINET, 2010).

2.2.3.2-Facteurs déterminant les crues

En général, la cinématique des crues dépend des facteurs intrinsèques de chaque BV, dont :

- La superficie du BV : plus le BV est grand plus il peut drainer les eaux de surface ;
- L'orographie : elle décrit le relief terrestre et les montagnes en particulier ;
- L'orientation du BV par rapport aux flux humides ;
- L'occupation des sols du BV : couvert végétal, imperméabilisation par construction, cultures agricoles saisonnières ;
- Les formations superficielles, la géologie et les conditions hydrogéologiques : présence de karst ou, au contraire, roches imperméables formations superficielles permettant de stocker une partie des précipitations ;

- La morphologie de la vallée fluviale : zone d'expansion des crues naturelles… ;
- Les aménagements (barrages, digues, chenalisation) ;
- Les caractéristiques topographiques et morphologiques des cours d'eau : pentes fortes, abruptes ou accidentées, vallée, plaine, etc. ;

  Il faut aussi souligner que la cinématique des crues dépend également de facteurs conjoncturels liés aux précipitations (intensité de cumul, répartition et déplacement, état de saturation initial des formations superficielles et géologiques). Enfin peuvent intervenir d'autres facteurs conjoncturels liés aux variations saisonnières de la couverture végétale naturelle ou cultivée et à la gestion des aménagements anthropiques (barrages) sans négliger les autres facteurs qui amplifient les crues. (Leone, Meschinet De Richemond et Vinet, 2010). Le tableau ci-après présente une synthèse des facteurs simplifiés des crues.

Tableau 2 : Facteurs contribuant aux crues et aux inondations

Facteurs météorologiques	Facteurs hydrologiques	Facteurs humains
• Pluies. • Orages cycloniques. • Orages de faible ampleur. • Température • Cyclones.	• Pourcentage en eau du sol. • Niveau des eaux souterraines avant l'orage. • Niveau d'infiltration qui est fonction de la couverture végétale, texture, densité, structure, humidité, du sol. • Présence d'une couche imperméable • Section en travers du chenal et rugosité. • Présence ou absence de débordement de chenaux ou de réseau. • Synchronisation du ruissellement pluvial venant de diverses parties du BV.	• Mode d'utilisation des terres/de l'espace choisi (par exemple l'urbanisation) augmente le volume et le niveau de ruissellement. • Occupation de la plaine inondable faisant obstacle à l'écoulement. • Ouvrages de lutte contre les crues tels que remblais en amont. • Faible débit d'un cours d'eau en raison d'une accumulation de débris, resserrement des voies navigables, rejet de minéraux, déchets et ordures. • Les industries qui servent à extraire et autres changent le régime hydrique, polluent les cours d'eau et nuisent aux écosystèmes en général; cela peut aussi modifier les cours d'eau.

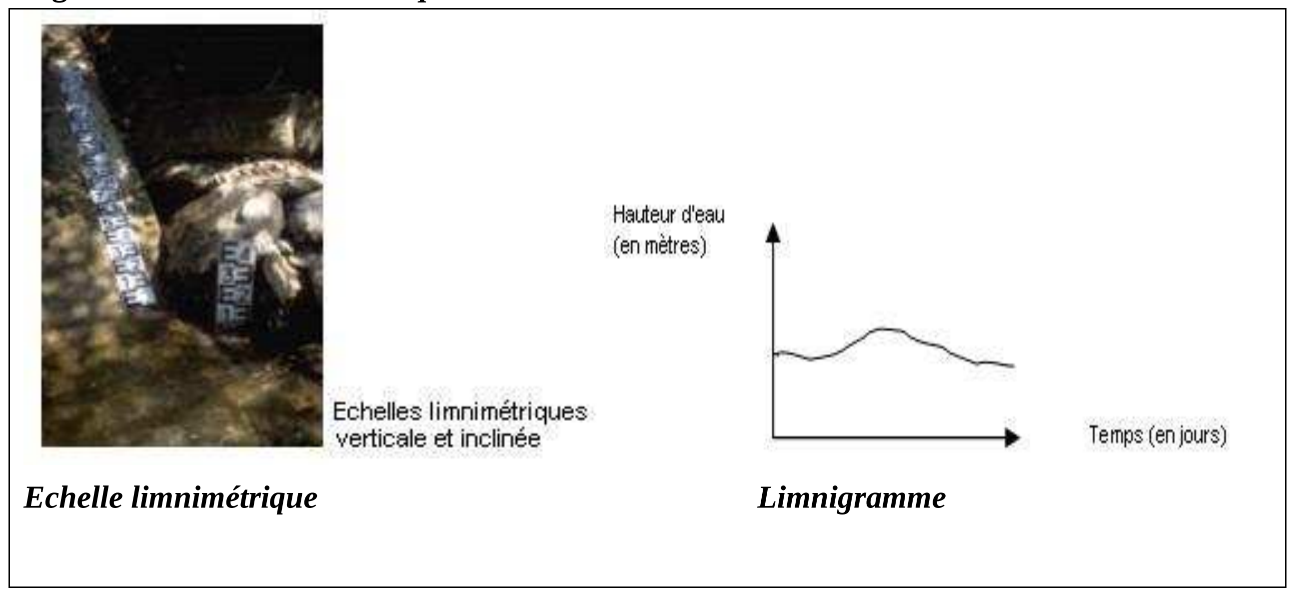
Source : OMM[6](1999)

2.2.3.3-Moyens de déterminer le niveau des rivières et faire la prévision des crues et des inondations

2.2.3.3.1-L'échelle millimétrique

Il est à souligner qu'il existe des moyens de déterminer le niveau de l'eau des rivières immédiatement après une crue. L'échelle limnimétrique, placée généralement verticalement dans l'eau, est un instrument qui permet de suivre le niveau de l'eau par endroit dans un cours d'eau (jour du relevé, hauteur d'eau). Ces données collectées permettent d'établir un limnigramme (courbe de hauteur d'eau par unité de temps).

Figure 3 : Echelle millimétrique verticale et inclinée



Echelle limnimétrique ***Limnigramme***

Par contre, cet instrument semble absent au niveau des deux BV retenus par cette étude. Pour calculer les débits qui peuvent donner naissance aux crues, la formule de Manning-Strickler ci-après en est une qui peut être utilisée.

Q = V.S

avec V = K. i 0.5. Rh 0.66

V : vitesse du courant (m/s)

S : surface du BV, calculée à l'aide des levées topographiques, (m^2)

K : coefficient de rugosité de Strickler (m$^{1/3}$/s)

[6] *Source*: Organisation météorologique mondiale, *Comprehensive risk assessment for natural hasards*, Technical document N° 955, **Genève, OMM, 1999)**

(K= 10 à 30 pour lit naturel, K = 50 à 80 pour canal cimenté)

Rh : rayon hydraulique, rapport de la surface au périmètre mouillé (m), donc Rh = Sm/ Pm

i : pente de la ligne d'eau (m/m). Si les relevés de laisse de crue sont trop approximatifs ou imprécis pour obtenir une valeur cohérente, on utilise la pente du cours d'eau en débit normal[7].

2.2.3.3.2-Instrument de surveillance des crues et inondations

Installé dans la plupart des communes les plus vulnérables du pays dans le cadre du programme d'alerte précoce du ministère de l'agriculture, des ressources naturelles et du développement rural, cet instrument montre en particulier le niveau d'eau des rivières. Les données déjà collectées par l'institution ne sont pas encore accessibles aux utilisateurs (chercheurs, étudiants et autres utilisateurs). La figure ci-après donne une idée de cet outil photographié sur la rivière Grise, l'une des rivières de la zone d'étude.

Figure 4 : Outil de surveillance des crues et inondations en Haïti



[7] http://www.risques-meteo.ac-versailles.fr/Suivre-le-niveau-d-eau

Photo prise par Wilgens Noel le 02 Mars 2013 dans la commune de Croix-Des-Bouquets (sur le Pont de Croix-Des-Bouquets)

Selon les scientifiques, pour contrôler et analyser les menaces relatives aux effets des crues, ils établissent quatre niveaux de vigilance. Chacun a des impacts sur les communautés et les biens, les espaces agricoles et les infrastructures socio-économiques. Les quatre niveaux sont les suivants :

Vert : Pas de vigilance particulière demandée.

Jaune : Risque de crue ou de montée soudaine des eaux ne provoquant pas de dommages significatifs, mais ayant besoin d'une vigilance spéciale dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.

Orange : Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact de grande envergure sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.

Rouge : Risque de crue majeure. Menace directe, importante et généralisée de la sécurité des personnes et des biens[8].

Toute cause a un effet de même que tout avantage a un inconvénient. Les effets des crues sont groupés, d'une part, en effets négatifs ; et d'autre part, en effets positifs.

2.2.4-Effets négatifs des crues

a) Pertes en vies humaines et dommages matériels : les conséquences immédiates des inondations sont particulièrement les pertes en vies humaines, les dommages matériels, la destruction des récoltes, la mort de bétail ou des animaux, les dégâts aux infrastructures et la détérioration/précarité des conditions sanitaires due à des maladies d'origine hydrique. Sur le plan financier, les dégâts enfantés par les crues sont directement proportionnels à leur étendue, à leur intensité et à leur durée, à la vitesse de l'écoulement dans les zones submergées et à la vulnérabilité des activites économiques et des collectivités. Plus les dégâts sont énormes, plus les coûts de reconstruction et de redressement sont élevés, privant de ce fait la société d'activites sociales et de développement fiable et durable.

b) Pertes de moyens de subsistance : le blocage des activites économiques, due aux troubles dans le fonctionnement normal des modes de vie des populations cibles (perturbations) et aux dégâts subis par les infrastructures et les moyens de communication, engendre une désorganisation

---

[8] http://www.risques-meteo.ac-versailles.fr/30-Vigilance-crues/consulté le 04/08/12

totale de la vie normale qui se prolonge bien au-delà de la durée même d'une inondation. La fermeture des usines et des entreprises entraine la perte d'emplois (chômage) des travailleurs urbains.

Dans les zones agricoles, ceux dont les revenus dépendent de l'agriculture sont les plus touchés ; les ouvriers agricoles ne trouvent plus de travail car les récoltes ne se font pas (recul du pouvoir d'achat et de la production). Cette perte de moyens de subsistance a également des répercussions sur les activites commerciale de zones voisines épargnées par les inondations (rareté de produits).

En effet, face aux pertes de moyens de subsistance ; la problématique de la migration de masse peut prendre naissance. Cette migration peut s'effectuer d'une section à une commune, d'une commune à une commune, d'une commune à une ville, d'une ville à un département, d'un département à la région métropolitaine. En arrivant dans ce nouvel endroit, les populations étant dépourvues de tout vont habiter les zones les plus vulnérables dont les conséquences sont multiplications des problèmes sociaux de toute sorte (effets psychosociaux, obstacle au développement et à la croissance économique, constructions anarchiques, délinquance etc.).

2.2.4.1-Effets positifs des crues

Lorsqu'on parle des crues et de leurs effets, l'accent est souvent mis sur leur côté destructeur. Les inondations n'ont pas seulement des effets négatifs, mais aussi des effets bénéfiques. Dans la gestion intégrée des crues, il importe de prendre en compte ces deux aspects et voir les inondations comme faisant partie d'une procédure naturelle et non comme une intrusion de la nature et un obstacle au développement économique sûr. Les crues satisfont de multiples fonctions et offrent des bienfaits qui fournissent à l'homme des moyens de survie et répondent en particulier à ses besoins alimentaires. Les avantages des crues ont été expliqués ci-dessous :

a) Les crues sont des phénomènes hydrologiques naturels. Elles rechargent les sources d'eau, réalimentent les nappes phréatiques lors des inondations des plaines fluviales. Aussi, elles contribuent en grande partie à recharger les masses d'eau artificielles telles que les bassins, les réservoirs, les barrages, les lacs, les étangs et les chenaux d'irrigation, répondant aux besoins qui se font sentir toute l'année.
b) Sur le plan agricole : les crues transportent des nutriments et des sédiments, qui sont déposés dans les plaines inondables, approvisionnent le sol qui n'a ainsi plus besoin de fertilisants

chimiques. Les zones de cultures de riz sont parfois inondées intentionnellement pour tirer parti de cette technique naturelle de fertilisation.

c) Il faut aussi mentionner que les crues participent au rajeunissement de l'écosystème fluvial ou aquatique et contribuent à l'approvisionnement du bassin fluvial (habitats saisonniers des espèces) (Leone, Meschinet De Richemond et Vinet, 2010).

En fait, les crues n'ont pas eu uniquement des effets négatifs, elles ont eu aussi des effets positifs. Même si les effets positifs qu'elles ont été vraiment faible ou moindre, ils ont eu un impact positif en terme d'alimentation des sources en eau et d'enrichissement des sols des plaines. Aussi, les perturbations atmosphériques ont joué un grand rôle dans le processus de divagation des berges.

Il faut aussi souligner que le changement climatique par ses effets sur l'agriculture et les écosystèmes en général a eu un rôle important dans l'évolution du milieu. Les pressions qu'ils engendrent, provoquent des variations positives et négatives de température à travers tout le pays. Les périodes pluvieuses sont courtes mais les pluies sont souvent fréquentielles et torrentielles, les périodes d'étiages semblent longues et généralisées, et les crues et les inondations se font plus fréquentes. Tout ceci a pour conséquence la baisse du rendement de la production agricole y compris la pêche et l'élevage. Les problèmes climatiques peuvent aussi être l'origine des effets des crues, des inondations et de l'érosion des terres agricoles où les sols deviennent de plus en plus moins aptes à l'agriculture (MDE, 2006).

2.3-Erosion

2.3.1-Définition de l'érosion

On ne peut pas parler des crues sans faire allusion à l'érosion qui est surtout l'un de ses corollaires. Elle vient du latin « erodere », signifie : « ronger ». Il existe de différentes formes d'érosion : hydrique, éolienne, géologique. Par ailleurs, on considère l'érosion géologique comme un phénomène naturel normal et se définit par une ablation des formations superficielles de la terre dues aux différents changements éco-climatiques au cours des millions d'années (Cabidoche, 1996 ; Lacoste et Salomon, 1996). Dans ce travail, l'érosion hydrique a été l'objet de l'étude. Selon Cros-Cayot (1996), Celle-ci se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur les parcelles en emportant les particules de terres qui s'y trouvent.

2.3.2-Typologie d'érosion hydrique

De façon générale, les études sur l'érosion hydrique font allusion à trois formes d'érosion à savoir :

1-Erosion en nappe (sheeterosion) ou érosion diffuse : elle est le mouvement du sol éclaboussé résultant de la disparition de la structure du sol suivi du ruissellement, elle est assez identique dans sa forme sur la pente et peut engendrer la perte du sol arable (Arnold et al, 1989).

2-Erosion en rigoles (rills*)*

Elle est la conséquence de la concentration du ruissellement en petits canaux assez bien définis. Ces canaux portent le nom de rigoles ou ravins lorsqu'ils sont assez petits pour ne pas interférer avec les opérations de la machinerie. L'érosion en rigoles est une forme d'érosion due par une concentration du ruissellement dans les creux.

3-Erosion en ravines (gullies)

Elle est une évolution de l'érosion en rigoles. Les rigoles sont appelés ravins lorsqu'ils s'étendent au point de ne pas pouvoir être comblés par les opérations normales du travail du sol, ou lorsque le travail du sol devient difficile à cause de leur presence (Arnold et al, 1988) Il faut aussi souligner que la dynamique du lit des rivières peut entrainer d'autres types d'érosion notamment l'érosion des berges. Cette présente étude consiste à mettre en relief ce type d'érosion, entre autres, menaçant les exploitations agricoles des zones de proximité (lits des rivières).

2.3.3-Mécanisme de l'érosion hydrique

Quel que soit le type d'érosion hydrique envisagé. Elle se matérialise en trois (3) phases : le détachement des particules, le transport des solides et la sédimentation (ROOSE, 1991).

1-Détachement et transport des particules

Il se produit à la surface du sol sous l'action des gouttes de pluies (Splash erosion), des agrégats s'éclaboussent ou lorsque la résistance au détachement du sol est inferieure à la force de cisaillement**.** Les particules fines ou grossières étant le résultat du détachement, sous l'action de la gravité, sont déplacées vers l'aval (Démangeot, 2000).

2-Dépôt

L'établissement des dépôts de sédiments est observé lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement approche vers zéro ou s'annule (Démangeot, 2000).

2.3.4-Facteurs influençant l'érosion :

L'ampleur de l'érosion hydrique est liée aux facteurs suivants :

- Pente : plus la pente est raide plus les effets érosifs sont énormes ;

- longueur de la pente : plus la pente est longue plus la vitesse de l'eau qui ruisselle augmente. D'où les actions néfastes de l'érosion ;
- propriétés pédologiques (texture du sol) : l'agencement et la chimie des matériaux constituant le sol joue un grand rôle dans le processus de l'érosion ;
- structure du sol : la disposition des couches de sols a aussi son rôle dans le processus d'érosion ;
- fréquence et intensité des précipitations ;
- morphologie du terrain ;
- couverture végétale : le dégré d'affectation du sol dépend grandement de la couverture végétale ;
- surface de la parcelle ;
- manière de travailler le sol (pratiques culturales) ;
- apports d'eau extérieurs (autres parcelles, chemin, etc.…)[9]

2.3.5-Effets néfastes de l'érosion

Les facteurs influençant l'érosion ont des effets tant en amont qu'en aval :

En amont, les conséquences de l'érosion des sols vont au-delà de la perte des terres agricoles. La germination et la levée des plantes, leur croissance et leur rendement sont directement affectés par la perte d'éléments nutritifs du sol. La matière organique du sol, les résidus ainsi que le fumier épandu sont relativement légers et peuvent être facilement transportés à l'extérieur du champ. Les caractéristiques du sol à savoir : la qualité du sol, sa texture, sa structure et sa stabilité peuvent être aussi affectées par l'érosion. Il faut souligner que le morcellement des agrégats, le déplacement de particules fines, de couches entières de sol ou de matière organique peuvent commettre des dégâts irréparables sur la structure et même changer la texture.

En aval, l'impact de l'érosion des sols sur les sites plus éloignés n'est pas toujours aussi apparent que celui sur le site même de l'érosion.

Le sol érodé, déposé au bas des pentes, peut empêcher ou retarder l'émergence de la semence, enterrer les jeunes pousses et nécessiter un deuxième semis dans les endroits affectés. Quant aux pesticides et engrais, ils sont fréquemment transportés avec les particules de sol et peuvent contaminer ou polluer les sources d'eau et les sites récréatifs. Les sédiments qui atteignent les cours d'eau peuvent accélérer l'érosion des talus (terrain en forte pente), ensabler les fossés ou les systèmes de drainage et les cours d'eau, envaser les réservoirs, couvrir les zones de fraie (les

[9]www.agridea.ch-fevrier 2008/consulté le 15 avril 2012

sites de ponte des poissons) et contaminer les eaux. Ils peuvent se déposer sur les propriétés en aval et occasionner des dommages aux routes et autres infrastructures ainsi qu'aux espaces agricoles lors des crues torrentielles. Quant à l'érosion des berges, elle a particulièrement un impact sur la qualité des écosystèmes riverains. Ces écosystèmes représentent un intérêt écologique primordial puisqu'ils sont parmi les plus productifs de la planète. La détérioration des rives a donc un impact significatif sur l'équilibre écologique et la biodiversité, notamment par la destruction des habitats essentiels pour la faune et la flore. Aussi, l'érosion des berges provoque l'arrachement des arbres, arbustes et plantes herbacées de la surface riveraine et diminue le rendement de la production des producteurs riverains.

2.4- Erosion des berges

Elle a des processus qui engendrent des modifications dans la morphologie des fleuves, des rivières et des cours d'eau. En plus d'être une source d'apports sédimentaires (Odgaard, 1987; Walling, 1988) et d'éléments nutritifs aux cours d'eau (Laubel et al, 2000), elle contribue à l'évolution défavorable des habitats riverains (perte d'habitats de qualité) et des habitats aquatiques (ensablement des frayères) de l'endroit récepteur (Hébert et Légaré, 2000) sans oublier la diminution des surfaces cultivées**.**

2.4.1- Processus d'érosion des berges

Lorsqu'on parle de l'érosion des berges, il est important de présenter les principaux processus qui en découlent.

i) D'après Thorne (1982), les deux processus qui causent l'érosion des berges sont les suivants: les processus fluviaux et les processus de météorisation. D'une part, les processus fluviaux sont directement liés à l'écoulement de l'eau dans les cours d'eau. Ils arrachent directement des particules de sol à partir de la berge alors que les processus de météorisation sont liés aux conditions climatiques qui réduisent la cohésion des particules et la stabilité des rives et facilitent ou accélèrent ainsi l'action des processus fluviaux.

ii) En effet, la migration des méandres démontre bien les capacités hydrauliques des forces de cisaillement pour éroder les berges et le matériel des plaines inondables qui est ensuite entraîné via l'écoulement de surface et les mouvements de masse vers les cours d'eau (Micheli et Kirchner, 2002a). Ainsi, l'érosion et les processus de transport déplacent vers l'aval des cours d'eau les sédiments qui s'étaient préalablement déposés au niveau des berges et des plaines inondables en amont.

iii) Selon Ham et Church (2000), le mouvement des sédiments cause des modifications dans la forme et les aspects extérieurs des chenaux des cours d'eau. Aussi, l'augmentation des forces hydrauliques des cours d'eau ou de l'érodabilité des rives peuvent amplifier le niveau d'érosion et de migration des cours d'eau (Howard, 1984).

iv) D'autres études comme celle de Micheli et Kirchner (2004) montrent que le déboisement des rives des cours d'eau méandrés peut entraîner une accélération des taux de migration et de l'érodabilité des berges.

v) L'approche d'Odgaard (1987) n'est pas différente à la précédente lorsqu'il a souligné que le niveau d'affectation des rives végétalisées par l'érosion sont inférieurs à ceux des rives non végétalisées ou partiellement végétalisées**.** En outre, si la résistance et la rugosité des rives causées par la présence de végétation riparienne atténuent les effets érosifs des variations de rapidité provenant de la présence de méandres, le déboisement des rives peut mener, dans le temps, à des chenaux moins sinueux (Micheli et Kirchner, 2004). Il faut aussi souligner que l'évolution des berges a des impacts sur les agro-écosystèmes attenants.

2.4.2-Impacts de l'érosion des berges sur la faune et la flore

Comme il a été susmentionné, l'érosion des berges a un impact sur la qualité des habitats riverains. Ces habitats sont à la base d'une chaîne alimentaire qui supporte une grande diversité d'espèces d'oiseaux et de variétés de végétaux au niveau des écosystèmes terrestres et aquatiques. Une étude faite par KAL-Haiti au cours de l'année 2012 après le passage du cyclone Sandy a montré explicitement que la divagation des berges du BV de la rivière Grise a aussi des conséquences directes sur les bâtiments riverains. (Figure 32: en annexe).

Cette étude montre que les rivières Grise et de Montrouis ont causé des inondations répétées au cours des années de 2002-2010.

Dans ces deux BV, Les données collectées indiquent que la zone d'étude a été victime de cinq (5) cas d'inondations et neuf (9) cas de crues sauvages (cyclones) pour la période d'étude.

Tableau 3 : Liste des catastrophes naturelles enregistrées avec les pertes en vie humaine et de matériels durant la période de 2002-2010[10]

Date		Geo	Disaster			Number		
Start	**End**	**Location**	**Type**	**Sub type**	**Name**	**killed**	**Tot. Affected**	**Est dommage (US $ Million)**

[10] http://www.emdat.be/search-details-disaster-list/ consulté le 08/08/2012

29/08 /2003	30/08 /2003	**Saint-Marc** (Artibonite di ...	Flood	Flash flood		24	12070	
06/10 /2003	06/10 /2003	**Port-au-Prince**	Storm			26	155	
17/09 /2004	18/09 /2004	Artibonite, Plateau Centre ...	Storm	Tropical cyclone	Jeann e	2754	315594	
14/07 /2005	15/07 /2005	Saint-Marc (North)	Flood			6	2500	
00/10 /2005	00/10 /2005	Bas-Artibonite	Storm	Tropical cyclone	Stan	1	10000	
17/07 /2005	17/07/2005	Saint-Marc (Bas Artibonite	Storm	Tropical cyclone	Emily	6	750	
30/07 /2006	31/07 /2006	Bas Artibonite (Saint Mar ...	Flood	Storm surge/coas tal flood			4690	
25/08 /2006	26/08 /2006	South Grand' Anse, Ouest, ...	Storm	Tropical cyclone	Ernest o	5	15000	
23/07 /2007	24/07 /2007	**Port-au-Prince région**	Flood	General flood		4	1500	
28/10 /2007	02/11 /2007	Port-au-Prince, Gonaïves, ...	Storm	Tropical cyclone	Noel	90	108763	
02/09 /2008	03/09 /2008	Gonaïves, Saint-Marc, Gro…	Storm	Tropical cyclone	Hurric ane Hanna	529	48000	
18/10 /2010	18/10 /2010	**Port-au-Prince, Fontamara ...**	Flood	General Flood		13		
04/11 /2010	05/11 /2010	South, Grand 'Anse, **Port-au-Prince)**	Storm	Tropical cyclone	Hurric ane Toma s	21	5020	
24/09 /2010	24/09 /2010	**Port-au-Prince**	Storm	Local storm		6	73122	

Source : Université Catholique de Louvain[11]

[11] http://www.emdat.be

2.4.3. Outils d'évaluation des impacts de l'érosion

Plusieurs outils sont utilisés pour l'évaluation de l'érosion y compris l'érosion des berges des rivières. Parmi lesquels les outils du Système d'Information Géographique et de la photo-interprétation, les modèles de prédiction des pertes de terres de Wischmeier et Smith (USLE)[12] et celui de SWAT (Soil and Water Assessment Tool) qui est un outil d'évaluation des sols et des eaux développé par Dr Jeff Arnold pour le service de recherche agricole (ARS) du Département de l'Agriculture des États-Unis (USDA)[13]. Ces outils ont chacun leurs exigences surtout en termes d'inputs nécessaires. Les outils de l'information géo-spatiale ont été utilisés dans le cadre de ce travail afin de mieux appréhender la dynamique spatiale des lits des rivières sous étude et leur effet sur les zones de proximité.

III-ASPECTS METHODOLOGIQUES

3.1-Matériels

Dans l'élaboration de ce présent document, des outils et logiciels cartographiques ont été utilisés. Des logiciels tels que MapInfo, Arcgis, Google Earth et Global mapper, Word, Excel et documents (livres, bouquins, articles officiels, mémoires, revues scientifiques etc.) ont été exploités pour présenter cet ouvrage. Il faut aussi souligner qu'un ordinateur potable, une camera numérique, des cahiers, des crayons et une motocyclette de calibre de 200cc ont été utilisés pour faire ce travail.

3.2-Méthodologie

La méthodologie présentée ci-dessous est segmentée en deux grandes parties : la première concerne l'aspect relatif aux effets des crues sur la dynamique des lits des rivières et la seconde les effets de celle-ci sur la perte des terres agricoles.

3.2.1-Recherche bibliographique

Elle est relative aux effets des crues et de l'érosion des berges sur la perte des terres agricoles et l'environnement dans la zone d'étude. En général, elle a permis de consulter les études/données disponibles sur la zone d'étude (Ex : ouvrages, revues scientifiques, statistiques, rapports officiels, articles publiés, mémoires) ;

[12] Valadas, 2011. Géomorphologie dynamique. P183
[13] Georges, 2011

3.2.2-Analyse et interprétations des images aériennes

Elles ont permis de faire une analyse des changements survenus pendant la période considérée notamment l'évolution des lits limités par les berges des rivières ciblées à partir des images de Google Earth disponibles pour la période allant de 2002 à 2010;

3.2.3-Cartographie de l'évolution des lits des rivières Grise et de Montrouis (divagation des lits)

Elle a été faite à partir des données multi datées (ortho photo 2002 et images Google Earth de 2002, 2006 et 2010) dans le but d'obtenir les différents polygones pour les lits surfaciques des deux rivières ciblées pour les 3 périodes choisies et la quantification des polygones kmz/kml a été réalisée via le site d'internet «http://www.freemaptools.com/ area-calculator.htm» qui a permis de calculer la surface des composantes géométriques des couches kmz/kml. Ce travail nous a fourni les statistiques pour l'analyse de la progression de la divagation des lits des rivières;

3.2.4-Réalisation des profils en long des rivières Grise et de Montrouis

Dans le but de faire une analyse des profils en long des rivières Grise et de Montrouis, les lits des rivières ont été profilés à l'aide du logiciel **Global mapper**. Les profils en long de ces rivières ont été réalisés avec les lits surfaciques numérisés à partir des images aériennes de Google Earth et des données préexistantes du CNIGS afin d'analyser les zones de faible pente (accumulation de sédiments) susceptibles d'entrainer des débordements d'eau et des dégâts importants en cas de crue.

3.2.5-Synthèse des crues et inondations dans la zone d'étude

Pour mieux valider l'étude, une liste d'un ensemble de crues et inondations ayant frappé les zones d'étude a été inventoriée et insérée dans le document. Les dégâts occasionnés par ces évènements hydrométéorologiques ont été également pris en compte.

3.3- Enquête de terrain

3.3.1- Elaboration de fiche d'enquête

La fiche d'enquête a été produite suivant les variables ciblées et les objectifs de l'étude afin d'obtenir les meilleures informations possibles auprès des agriculteurs riverains.

3.3.2-Choix de l'échantillon

Pour réaliser la collecte des données sur le terrain afin de disposer des données primaires, le choix de l'échantillon aléatoire simple a été fait. Il a été utilisé dans le cadre de ce mémoire parce qu'il consiste á choisir des individus de telle sorte que chaque membre de la population a égale chance de participer dans l'échantillon.

3.3.3-Choix des variables d'études

Dans cette étude, les variables qui ont été prises en compte sont les suivantes:

- Crues et inondations touchant la zone
- Divagation du lit de la rivière (affouillement, sapement, érosion de berges);
- Pertes de terres agricoles
- Perte de surfaces agricoles utiles
- Affectations du sol
- Dynamique des cours d'eau/changements de méandres
- Rendement des récoltes (en fonction de la superficie de terres agricoles perdues) ;

3.3.4- Réalisations des enquêtes

Dans la volonté de valider les résultats obtenus à partir des images satellites des lits des rivières cartographiées et quantifiées, des enquêtes de terrain ont été réalisées (Questionnaire : annexe). Ces enquêtes ont été réalisées dans l'objectif d'identifier les effets des crues et de l'érosion des berges sur la perte de terres agricoles et la superficie de terres agricoles perdues pendant la période de 2002-2010 dans les deux BV.

En effet, pour réaliser les enquêtes, le formulaire qui a été construit à cette fin a été testé dans chacun des deux bassins versants où les enquêtes ont été réalisées. Pour tester ce formulaire, 10 chefs d'exploitation riveraine soit un nombre de 5 chefs d'exploitation dans chacun des BV ont été questionnés.

Pour faire les enquêtes approfondies, le formulaire qui a été construit a été utilisé. Dans les deux BV, 60 exploitants riverains soit un nombre de 30 exploitants riverains dans chacun des BV ont été interviewés. Il faut aussi mentionner que le choix de ces agriculteurs riverains est fait de façon aléatoire, aussi, les localités dans lesquelles les enquêtes se sont produites sont choisies au hasard tout en tenant compte d'un pourcentage de 10% du nombre total des localités se trouvant dans chacun des BV.

Pour accéder aux données, les exploitants riverains choisis au hasard ont été questionnés, leurs champs fortement touchés par la divagation des lits des rivières plus précisément les exploitations de proximité des berges des rivières ont été visitées afin de collecter des données, d'observer les types de cultures pratiquées, d'estimer la dimension de leurs exploitations et d'identifier l'impact des crues et l'érosion des berges sur la perte de terres agricoles et sur le rendement des cultures adoptées au cours de la période d'étude. Cependant cet impact des crues

et d'érosion des berges dans les exploitations riveraines est étudié selon la surface des parcelles perdues pendant la période allant de 2002-2010.

3.3.4.1- Traitement et analyse des données des enquêtes

Pour traiter et analyser les données des enquêtes, les procédures suivantes ont été suivies:

- Les exploitations des régions d'étude ont d'abord été caractérisées ;
- La somme des surfaces des parcelles enquêtées et les surfaces des parcelles affectées par la divagation des lits des rivières tout en tenant compte du niveau d'affectation de chacune des parcelles ont été ensuite établies;
- Les exploitations selon leur pourcentage d'affection ont été enfin catégorisées en utilisant un classement quantitatif (exploitation ayant un niveau d'affectation qui est inférieur à 1/2, égal à 1/2, supérieur à 1/2) et le pourcentage total d'affectation de chacun des BV et le pourcentage total d'affectation des deux bassins versants étudiés ont été calculés.

Les résultats des données collectées sur le terrain sont représentés sous forme de tableaux et graphiques. Quant aux données cartographiques sur l'évolution des lits des rivières, les résultats ont été également traités, analysés et insérés dans le texte.

IV-PRESENTATION PHYSIOGRAPHIQUE DES BV DE LA RIVIERE GRISE ET MONTROUIS

4.1-Présentation géographique de la zone d'étude

4.1.1-Présentation géographique du BV de la rivière Grise

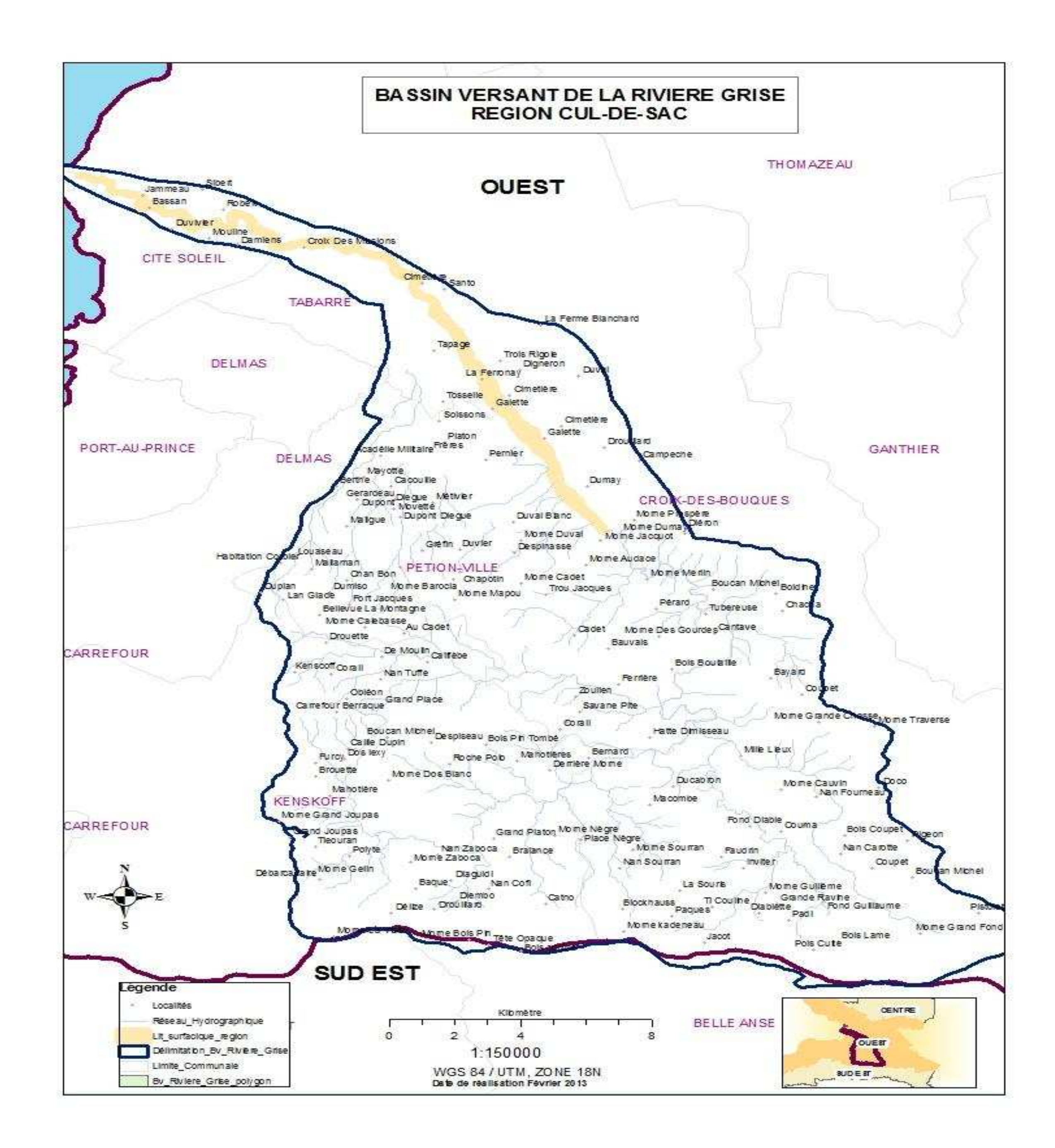
Le BV de la rivière Grise est limitée au sud et à l'Est par la zone métropolitaine de Port-au-Prince (Capitale d'Haiti). Il est borné au Sud par le faîte du massif de la Selle, à l'Ouest par les Montagnes Calebasse et Gelin, à l'ouest par les montagnes Mare Réseau et Pays-Pourri, et au Nord par les montagnes Dumay et Chacha.. Il a environ une superficie de 39 289 ha. Cette rivière traverse la Plaine du Cul-de-sac et recharge sa nappe, et elle contribue fortement à l'alimentation de Port-au-Prince en eau. Elle représente un lieu d'exploitation intensive de matériaux de construction. Le sable est exploité et commercialisé sur le marché de la zone métropolitaine de Port-au-Prince **(Holly, 1999).**

Figure 5: Présentation du bassin versant de la rivière Grise et ses localités



Selon les données de CNIGS, le BV de la rivière Grise est constitué de 167 localités . Parmi ces localités, certaines d'entr'elles sont affectées directement par des crues et l'érosion des berges et les autres font partie des versants qui approvisionnent le BV en eau. Ce BV couvre un territoire de 6 communes (Cité Soleil, Tabarre, Delmas, Croix-Des-Bouquets, Pétion-Ville et Fermathe). Les deux figures ci-dessous présentent le BV, les communes et les localités s'y trouvant.

Figure 6: Délimitation administrative du BV de la rivière Grise



4.1.2-Présentation géographique du bassin versant de la rivière de Montrouis

Selon les données du CNIGS et de l’IHSI, la rivière de Montrouis est une rivière qui coule à la limite de deux départements (Ouest et Artibonite) et elle est alimentée en eau par les trois communes limitrophes mentionnées ci-après:

1°) Arcahaie : La commune de l'Arcahaie alimente en eau le BV de la rivière de Montrouis par les sections communales des Matheux, Fond Baptiste et de Montrouis. Elle est située entre 19° 49' de latitude Nord et 72 °55' de longitude Ouest.

2°) Saint Marc : la commune de Saint Marc alimente en eau le BV de la rivière de Montrouis par les sections communales de Délugé, Goyavier et de Bois-Neuf. Elle se trouve entre le bassin de l'Artibonite et le golf de la Gonâve. Elle est située entre 19°07' de latitude Nord et 72 ° 42' de longitude Ouest.

3°) Verrettes : Elle alimente en eau le BV de la rivière de Montrouis par les sections communales de Terre Nette et de Désarmes. Elle est située entre 19° 03' de latitude Nord et 72° 28' de longitude Ouest. L'ensemble de ces 3 communes a un nombre de 69 localités. Les deux figures ci-après présentent les localités pour mieux cerner le texte.

Figure 7: Présentation du bassin versant de la rivière de Montrouis et ses localités

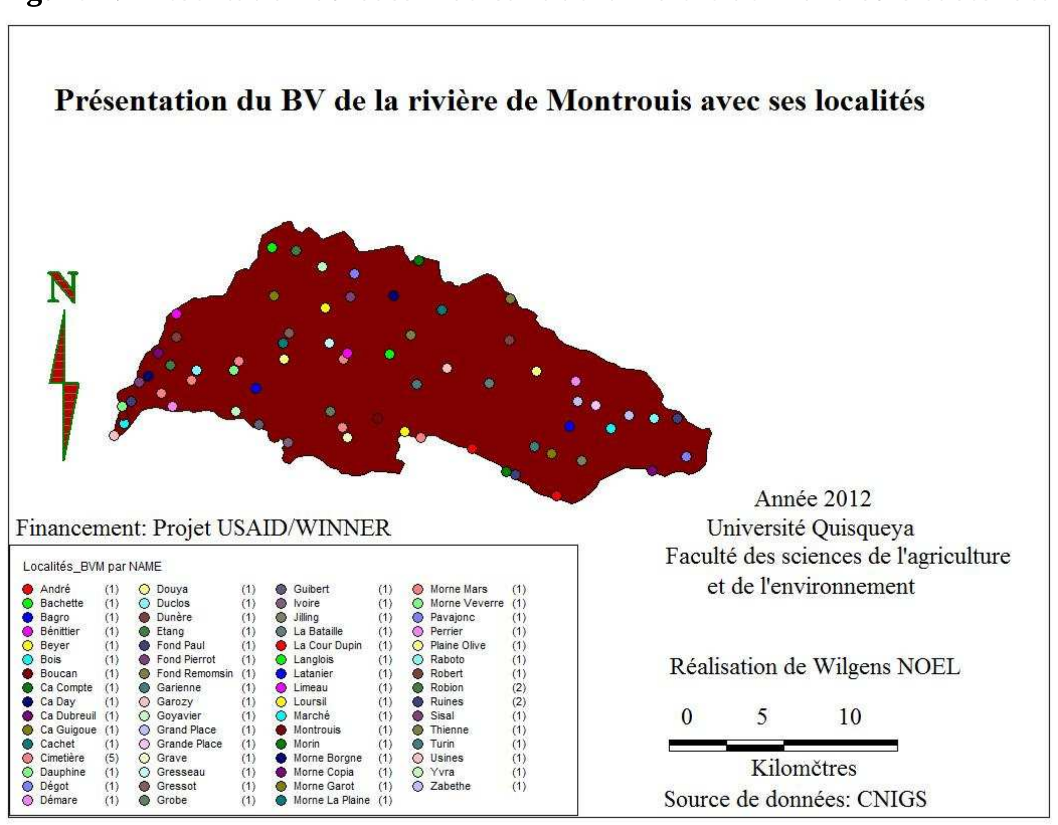
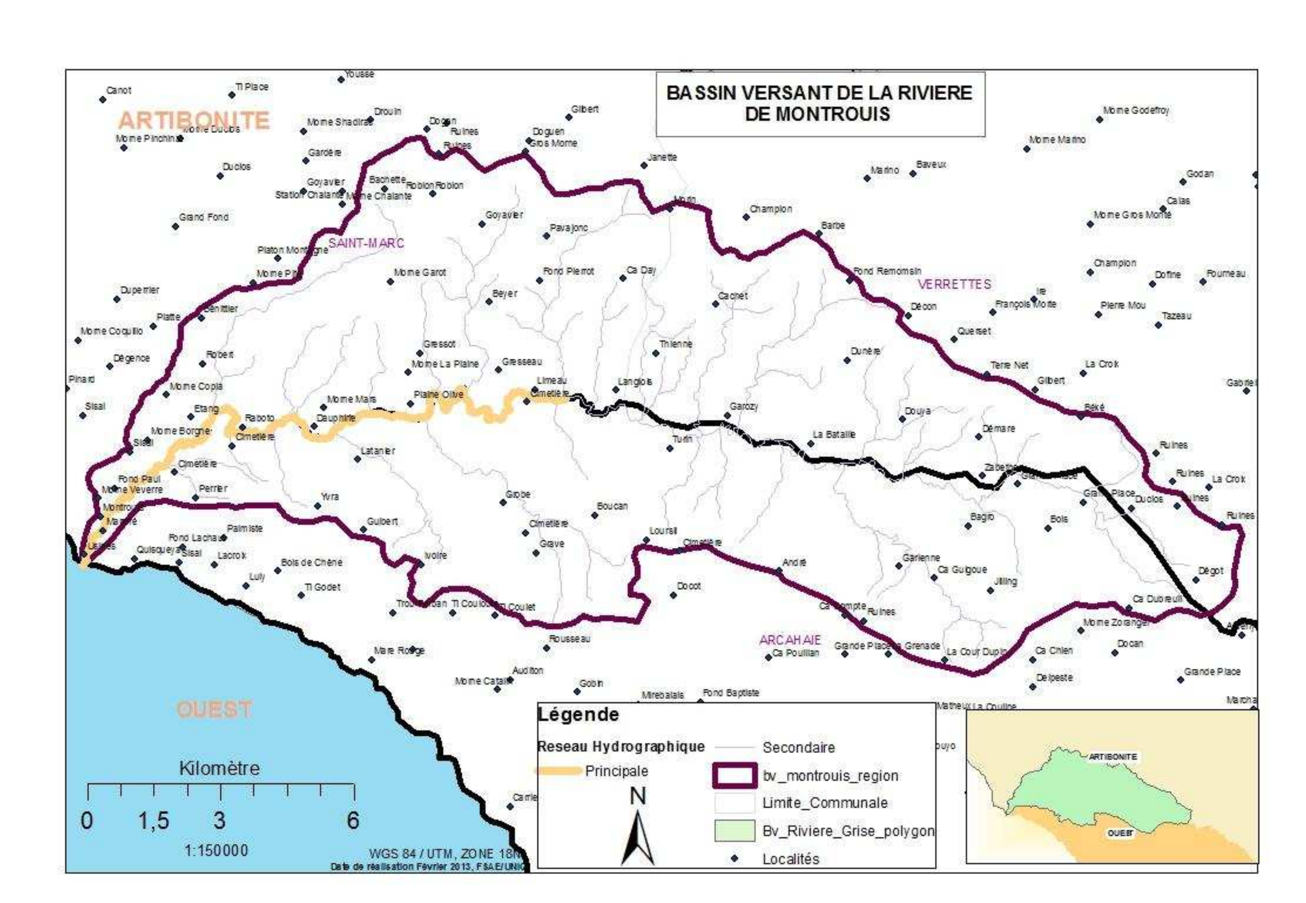


Figure 8: Délimitation administrative du BV de la rivière de Montrouis



4.2-Milieu biophysique des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.2.1-Climat du bassin versant de la rivière Grise

Les pluviométries rapprochées moyennes du BV de la rivière Grise sont de 1300 mm par année à Port-au-Prince, 1024 à Damien et 946 à Croix-Des-Bouquets. Au niveau de la rivière Grise, on a deux saisons pluvieuses:

1- Une première saison allant d'Avril à Mai, succédée d'une saison d'étiage de Juin à Juillet ;
2- Une seconde allant de Septembre à novembre avec une période d'alternance d'étiage de Décembre à Mars **(**SERGILE, 1997 ; HOLLY, 1999).

La température moyenne la plus rapprochée de l'aval de la rivière Grise est de 27°C **(**HOLLY, 1999). Avec l'altitude, il y a une baisse de température avec un gradient d'environ de 0.75°C à chaque 100 mètres d'élévation. Cela entraine, en amont, des minima de 13°C dans les stations les plus rapprochées (SERGILE, 1998).

4.2.2-Climat du bassin de la rivière de Montrouis

A Saint-Marc, la pluviométrie annuelle moyenne est de 943 mm et la température moyenne annuelle de la Commune se situe autour de 27°C[14].

Dans la commune de l'Arcahaie, les données climatiques ne sont pas actualisées, et d'ailleurs ne sont pas collectées de manière systématique dans la zone en raison de la défaillance des stations hydrométrologiques.

D'une manière générale, le climat de la région est classé dans la catégorie des zones subtropicales, avec deux saisons bien définies : la saison pluvieuse qui s'étend d'Avril à Novembre avec une baisse intermédiaire aux mois de juillet et Août et la saison sèche de Décembre à Mars (Blaise, 1997). Aussi, d'après les données pluviométriques enregistrées au service Météorologique National (SMN) jusqu'à 1975, la plaine de l'Arcahaie recevait une pluviométrie annuelle moyenne de 900 mm et 55 mm pendant la saison sèche (IICA, 1973).

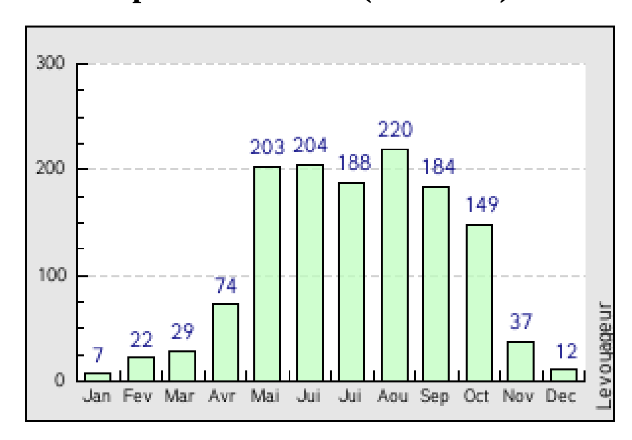
La température moyenne de la zone se situe aux environs de 27°C. Les moyennes mensuelles varient de 25°C en janvier à 28°C en Aout. La variation annuelle de température est de l'ordre de 3.5°C. Cependant l'écart thermique journalier atteint 12,5°C en Janvier et 12,8°C en Mars (LGL, 1988). Il faut souligner que ces données (pourtant les plus récentes sur la zone) datent de 1968.

Dans la commune de Verrettes, les moyennes de température ou de précipitation peuvent aider et donner une bonne compréhension des conditions éco-climatiques (pluviométrie et température). Les températures mentionnées ci-après sont exprimées en degrés Celsius et représentent les moyennes mensuelles observées sur un grand nombre d'années.

---

[14] http://jaimesaint-marc.blogspot.com/2012/03/voir-une-carte-plus-grande-cette-carte.html: consulté le 19/08/2012

Températures moyennes (Verrettes) **Précipitations en mm (Verrettes)**



15

4.3-Géologie des BV de la rivière de la Grise et de Montrouis

4.3.1-BV de la rivière Grise

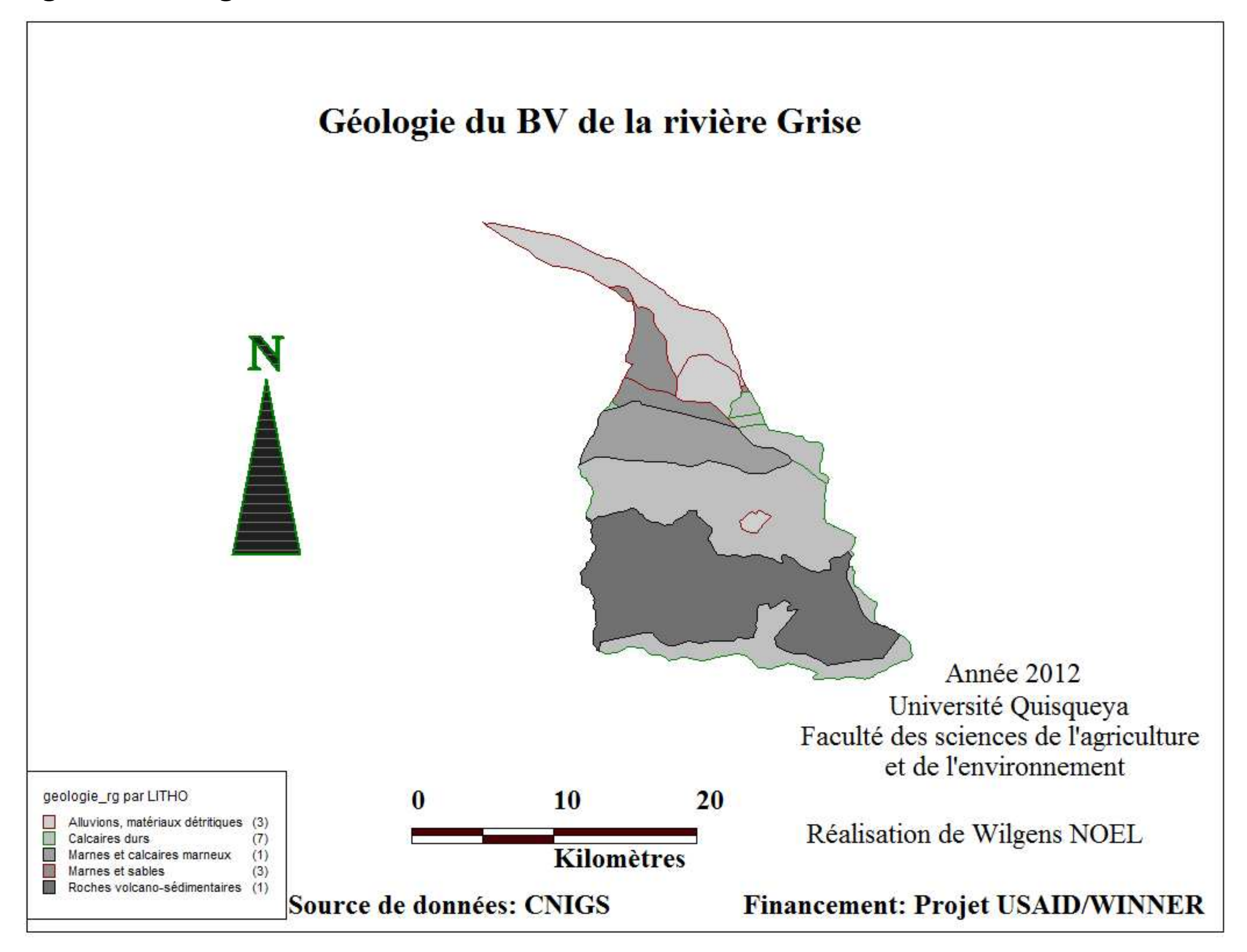
Selon les études pédologiques réalisées dans le bassin versant de la rivière Grise, sa géologie est très diversifiée.

Cela est dû du fait qu'il y a une différence au niveau du relief de la zone. Selon **Sergile (1998),** la rivière Grise est formée principalement des sols suivants : poche des sols sur karst (PK), sols minces sur Karst (MK), sols alluvionnaires (SA), sols caillouteux (SC) et sols sur Basaltes (SB).

Les sols de la rivière Grise sont donc majoritairement calcaires quand on analyse les sols PK (poche sols sur karst), MK (sols minces sur Karst) et les sols caillouteux (couleur blanchâtre). Les données observées sur la carte de sol de **la FAO (2005)** soulignent aussi une dominance en sols calcaires de la zone. Il faut souligner que le bassin versant de la rivière Grise est formé en grande partie de sols calcaires très perméables et de sols alluvionnaires. Ces sols sont très fragiles en amont et dans les zones de fortes pentes du BV.

[15]www.Levoyageur.com/ consulté le 30 Juin 2012

Figure 9: Géologie du BV de la rivière Grise



Du point de vue lithologique, le BV de la rivière Grise possède des couches très diversifiées. On y trouve en dominance les calcaires durs (46.67%), les marnes et sables (20%), les matériaux détritiques (20%), les marnes et calcaires marneux (6.67%), et des roches volcano-sédimentaires (6.66%). En conclusion, le BV de la rivière Grise est constitué en grande partie des calcaires durs et des alluvions.

4.3.1.1-Niveau de risque d'érosion des sols du BV de la rivière Grise

Le niveau de risque d'érosion dans le BV de la rivière Grise présente des fractions très variées selon le taux d'aggravation du phénomène. Il dépend grandement de la texture et la structure des sols et le relief, les risques d'érosion selon leur ampleur ont été catégorisés de très faible à très grave. En effet, plus de 60% de ce bassin versant sont menacés par les risques d'erosion élevés et grave et cette situation n'est pas sans effet surtout sur les espaces agricoles.

Figure 10 : Niveau du risque d'érosion dans le BV de la rivière Grise (année 1998)

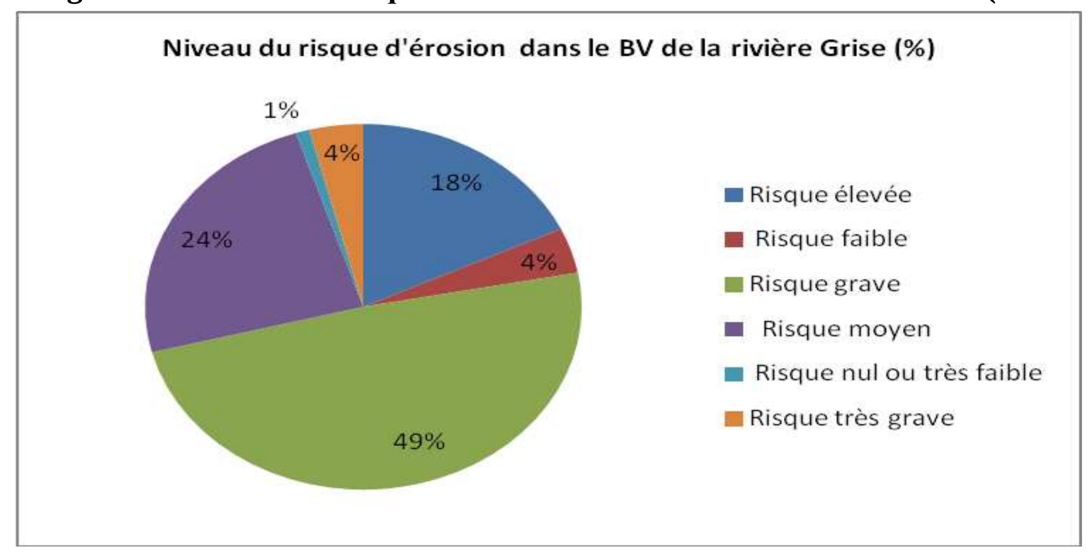


Figure 11: Carte d'érosion_98 du BV de la rivière Grise

Carte d'érosion_98 du BV de la rivière Grise

N
W
E
S

Année 2012
Université Quisqueya
Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'environnement

Réalisation de Wilgens NOEL

EROSION98_BVRG par DESCRIP
Risque élévé (15)
Risque faible (3)
Risque grave (41)
Risque moyen (20)
Risque nul ou très faible (1)
Risque très grave (3)

0 10 20
Kilomètres

Source de données: CNIGS

Financment: Projet USAID/WINNER

Selon la carte ci-dessus, les risques les plus élevés sont ceux qui doivent retenir l'attention (risque grave (49.4%), risque moyen (24.10%), risque élevé (18.08%)) alors que les risques qui peuvent être acceptés ne représentent qu'une faible portion du pourcentage total allant de risque très faible à risque faible. Il faut faire savoir aussi que les risques considérables au niveau du BV totalisent un pourcentage de 95.19%.

4.3.2-BV de la rivière de Montrouis

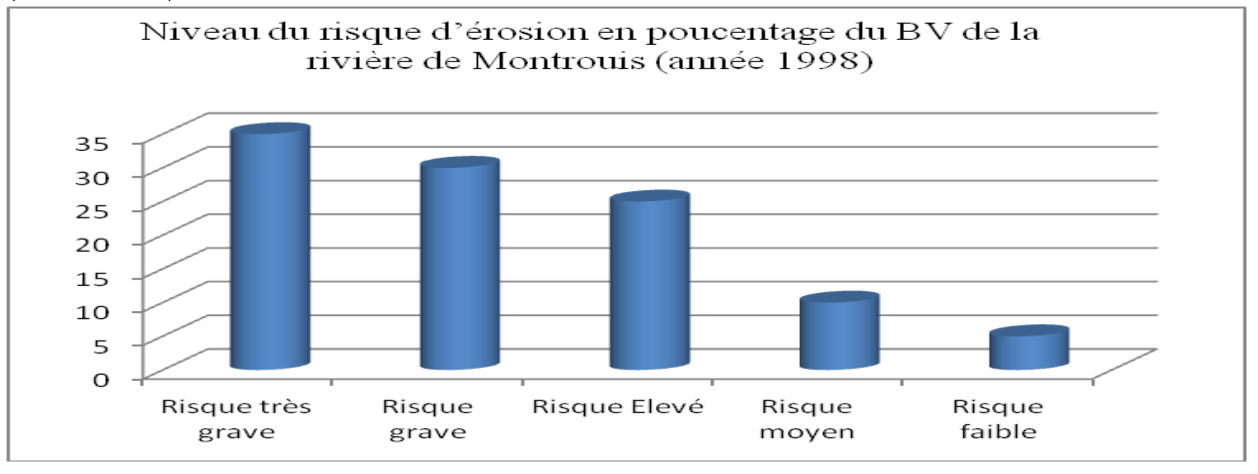
En aval, le BV de la rivière de Montrouis est dominé par la plaine de l'Arcahaie. La plaine de l'Arcahaie est constituée de sols formés de sédiments arrachés des montagnes avoisinantes. Ces sols sont en général très hétérogènes, allant des sols limono-sableux, limono-argileux, limono-argilo-sableux, des sols profonds riches en humus aux sols marécageux.

Sommairement, selon **LGL S.A (1988),** trois (3) grands types de sols dans les milieux ont été inventoriés**:**

- Les sols à texture fine ;
- Les sols à texture grossière
- Les sols hydromophes ;

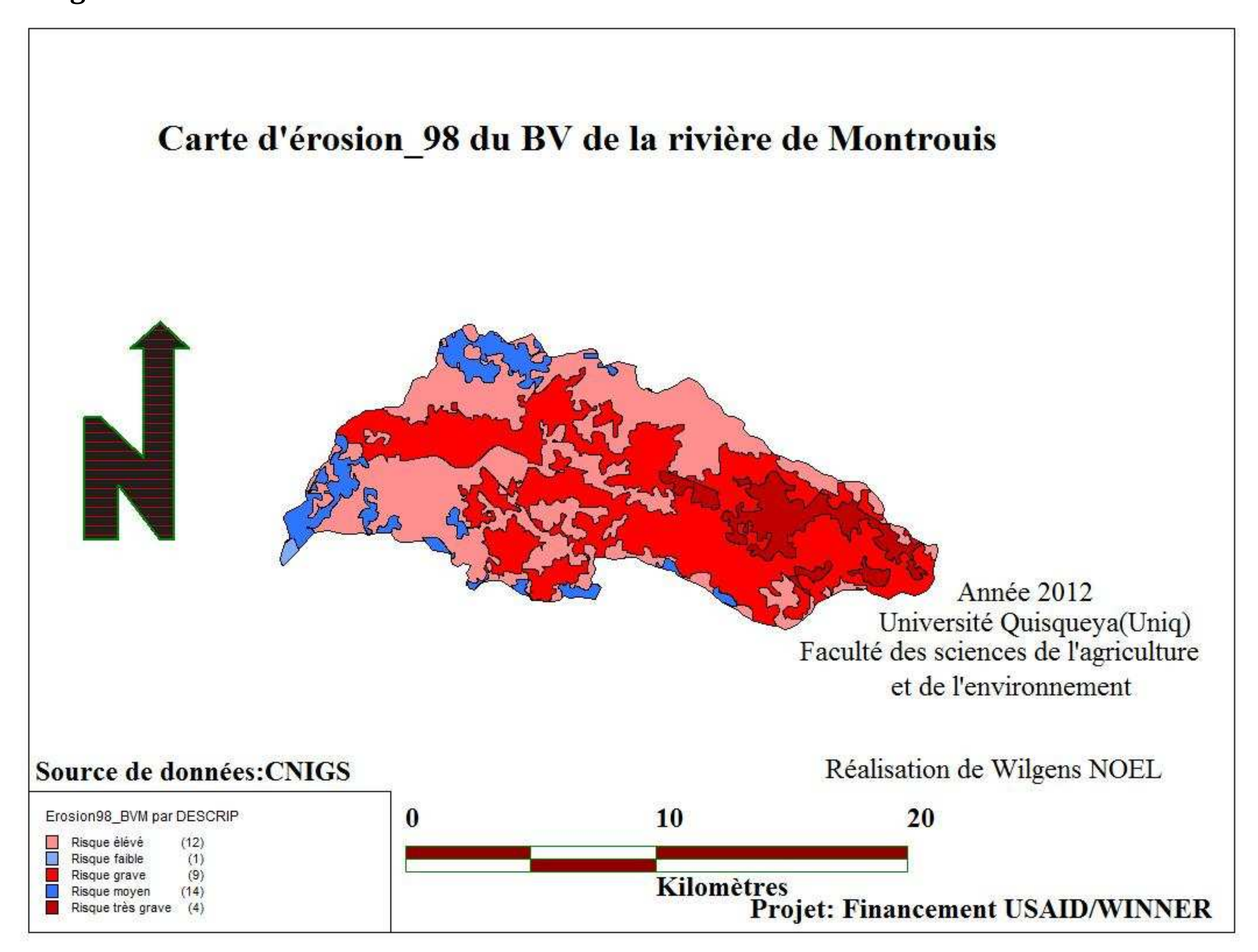
Cependant, en amont du BV, au niveau de la chaine des Matheux, il y a des sols d'origine volcanique, balsatique dans les savanes de madame Michel et madame Michaud et le trait du miocène est observé au niveau des flancs de montagne[16]**.** Il faut aussi souligner qu'avec la nature des sols et la pente de la région, les risques d'érosion sont à plusieurs niveaux :

Figure 12 : Niveau du risque d'érosion en pourcentage du BV de la rivière de Montrouis (année 1998)



[16]http://www.bme.gouv.ht/mines/woodring/ consulté le 28 Aout 2012

Figure 13: Carte d’érosion du bassin versant de la rivière de Montrouis



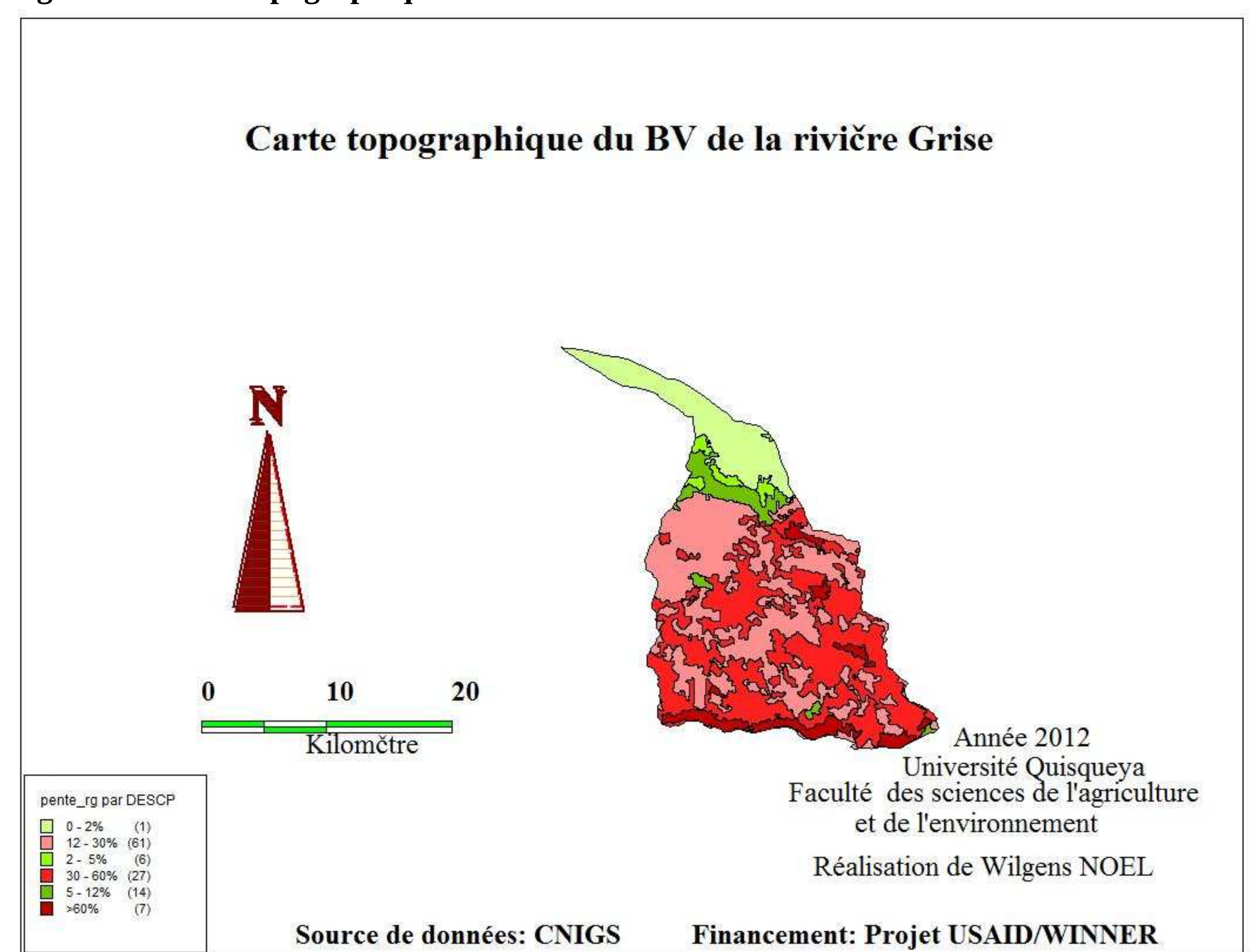
La carte ci-dessus a montré qu’il y a eu un niveau de risque élevé (30%), de risque grave (22.5%) et de risque moyen (35%) et un pourcentage de 10% de risque très grave tandis que le risque faible ne représente que 2.5%. La situation est très alarmante et n’est pas différente de celle de la rivière Grise.

4.4-Topographie des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.4.1-Bassin versant de la rivière Grise

Le bassin versant de la rivière Grise a un relief très diversifié. On y trouve des pentes très faibles et moyennes (0-2%, 2-5%, 5-12%, 12-30%) et des pentes raides allant jusqu'à 60% et même plus.

Figure 14: Carte topographique du bassin versant de la rivière Grise



4.4.2-Bassin versant de la rivière de Montrouis

Le BV de la rivière de Montrouis est constituée d'un ensemble de chaines de montagnes (montagne noire et chaine des matheux). Son relief dominant est la plaine de l'Arcahaie.

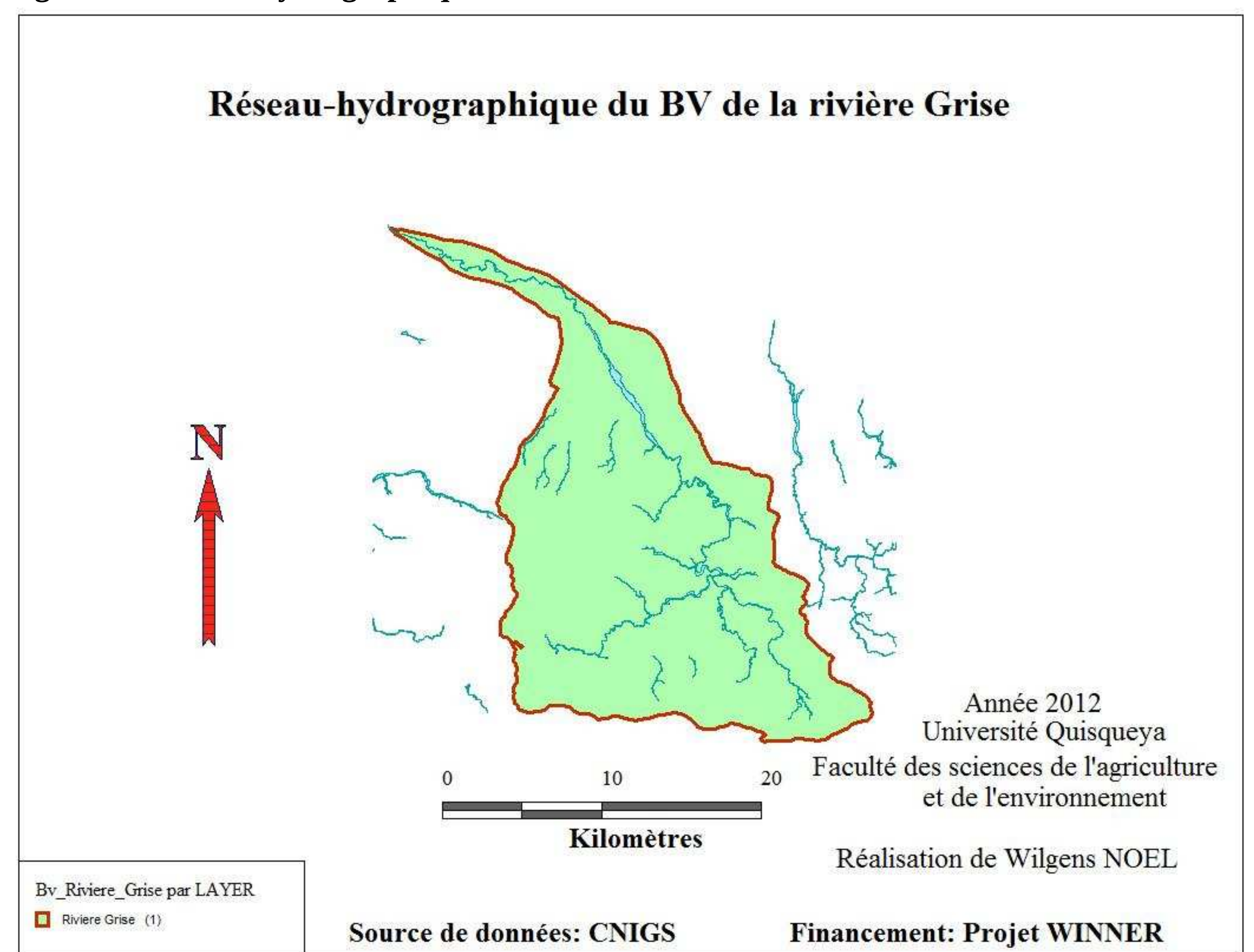
Source **IHSI (2003)**

4.5-Hydrologie des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.5.1-BV de la rivière Grise

La rivière Grise présente certaines ramifications tout au long de son parcours, et selon le site de Haitipolicy.org, elle est drainée par une surface de 290 km^2. Tenant compte de sa vitesse, du temps pris pour effectuer son parcours et de sa surface de drainage, elle a un débit moyen qui est de 3.3 m^3/s. La figure ci-dessous donne une présentation plus explicite en matière de ramification et son lit principal.

Figure 15: Réseau hydrographique du bassin versant de la rivière Grise



4.5.2-BV de la rivière de Montrouis

Pour la disponibilité en eau ; les communes de l'Arcahaie, de Saint-Marc et de Verrettes ont comme ressources en eau ce qui suit :

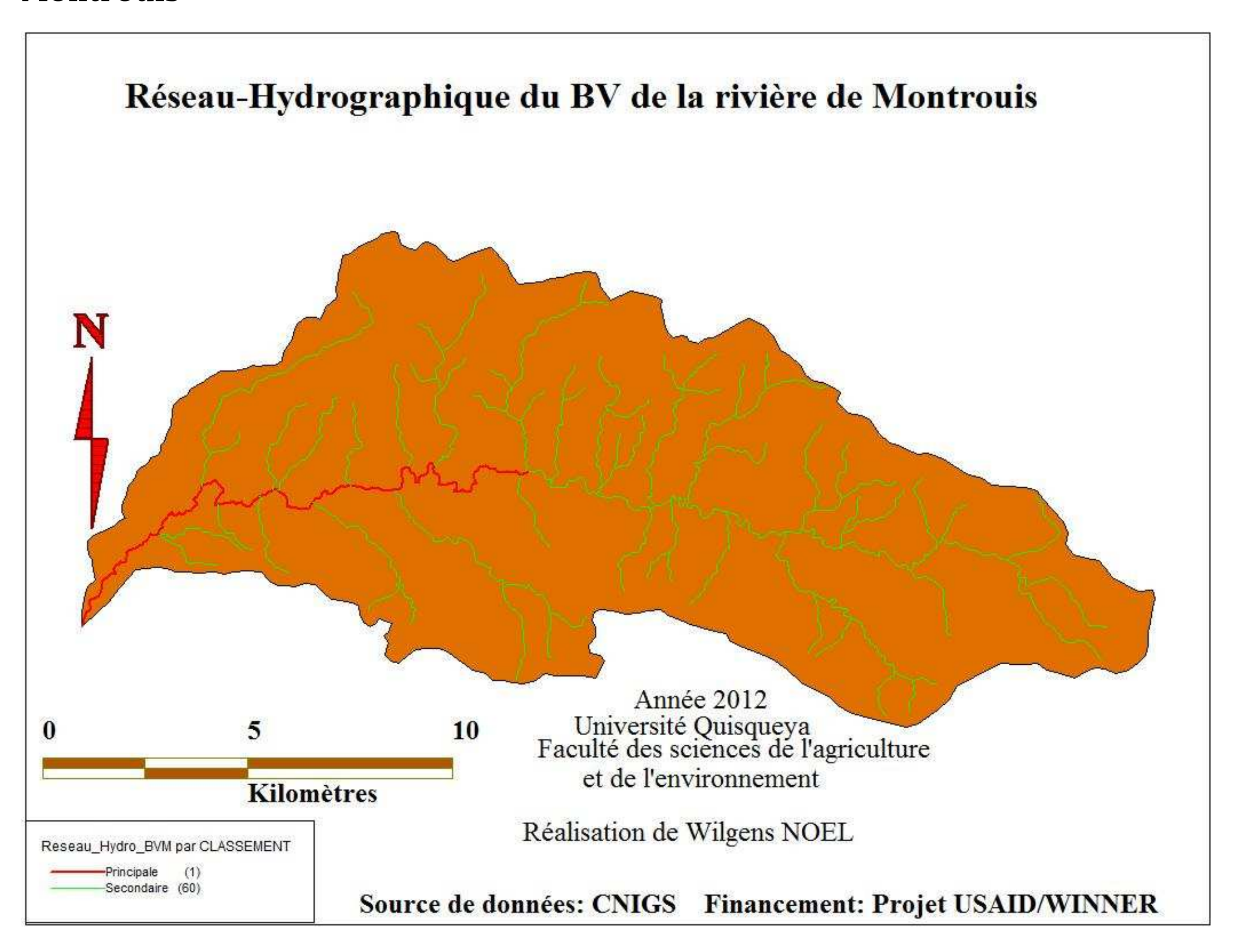
Tableau 4: Hydrologie du BV de la rivière de Montrouis

Communes	**Ressources en eau**
Arcahaie	Rivières(4) Sources (3) Des fontaines publiques
Saint-Marc	Rivières(2) Sources (6) Lagon (1) Puits (15)
Verrettes	Rivières (6) Sources (8) Lagon (7) Mares (2)

Sources : IHSI, 2003

La carte du réseau hydrographique ci-dessous présente le BV de la rivière de Montrouis avec une rivière principale (qui est celle de Montrouis) et 60 ramifications secondaires qui alimentent la principale rivière (BV de Montrouis). Ces ramifications secondaires ayant pour origine : les sources, les ravines sèches, intermittentes et permanentes et d'autres rivières et ruisseaux se trouvant dans les versants de la zone d'étude.

Figure 16: Réseau hydrographique du bassin versant de la rivière de Montrouis



4.6-Occupation de sols (OCS 98) des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.6.1-Bassin versant de la rivière Grise

Durant les années passées, le BV de la rivière Grise présentait une occupation de sols plus ou moins acceptable. Mais, avec l'urbanisation galopante, la coupe des arbres et d'autres actions humaines sur la périphérie sans oublier l'explosion démographique, l'occupation du sol connait des modifications extraordinaires au fur et à mesure. Des constructions à vocation diverses

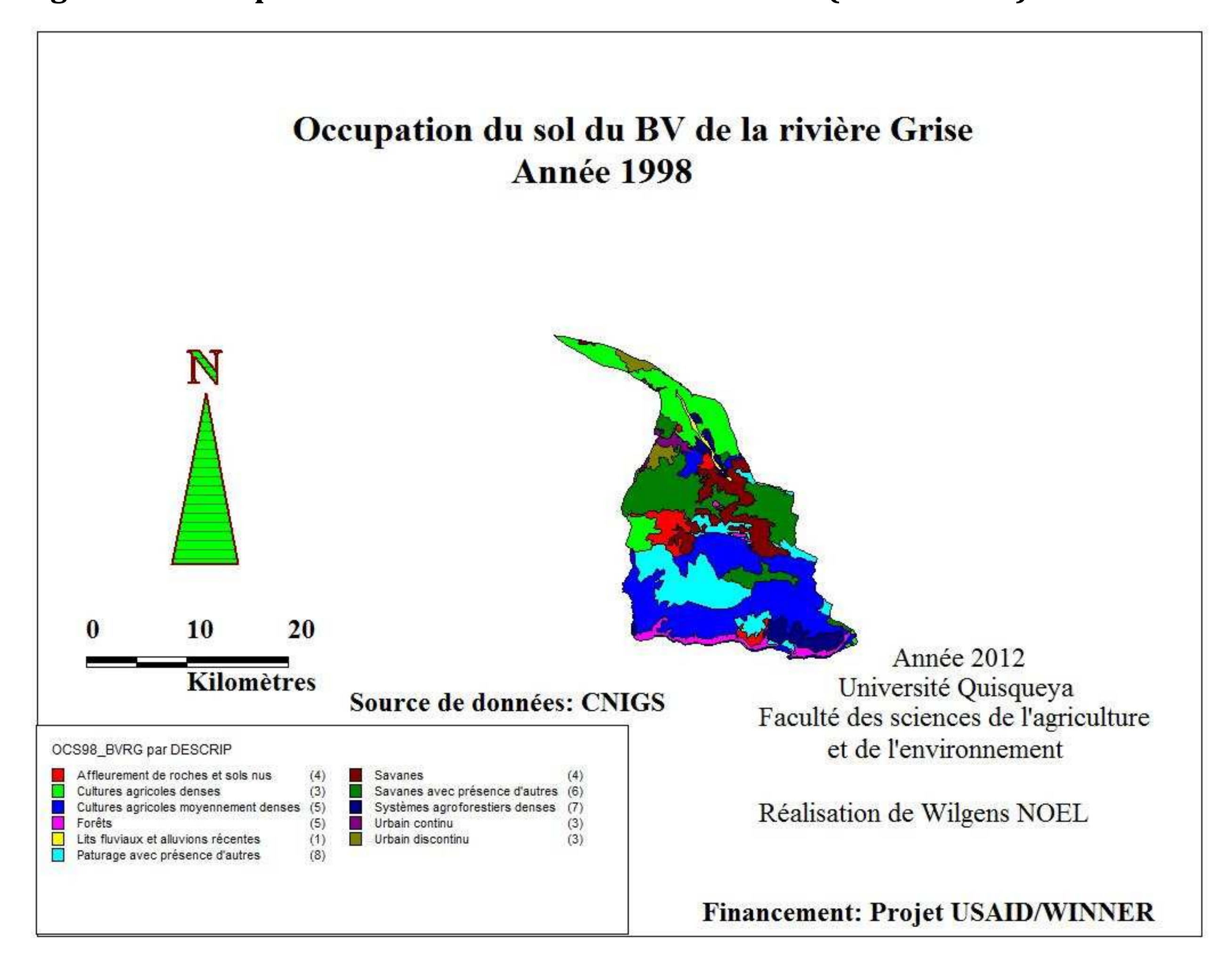
(maisons, complexes commerciaux, industries etc.) se sont érigées en aval du BV et entrainent ainsi une forte régression de la couverture végétale.

Tableau 5: Occupation du sol du BV de la rivière Grise (Année 1998)

Occupation des sols	**Nombre d'espaces par catégorie**	**Pourcentage (%)**
affleurements de roches et sols nus	4	8.16
cultures agricoles denses	3	6.12
cultures agricoles moyennement denses	5	10.2
Forêts	5	10.2
lits fluviaux et alluvions récentes	1	2
pâturages avec présence d'autres	8	16.32
Savanes	4	8.16
savanes avec présence d'autres	6	12.24
systèmes agroforestiers denses	7	14.28
urbains continus	3	6.12
urbains discontinus	3	6.12

Selon la Carte ci-après, le BV de la rivière Grise présente des espaces multiples : 8 occupés par des pâturages avec presence d'autres (16.32%), 7 occupés par des systèmes agroforestiers denses (14.28%), 6 occupés par des savanes avec presence d'autres (12.24%), 5 occupés par des forets (10.2%), 5 occupés par des cultures agricoles moyennement denses(10.2%), 4 occupés par des savanes (8.16%), 4 occupés par affleurements de roches et sols nus (8.16), 3 occupés par des espaces urbains continus (6.12%), 3 occupés par des espaces urbains discontinus (6.12%), 3 par des cultures agricoles denses (6.12%) et 1 par des lits fluviaux et alluvions récentes (2%). Les espaces les plus nombreux sont ceux qui sont occupés par les pâturages avec presence d'autres.

Figure 17: Occupation du sol du BV de la rivière Grise (année 1998)



Selon toute analyse faite, la conclusion a fait ressortir que :

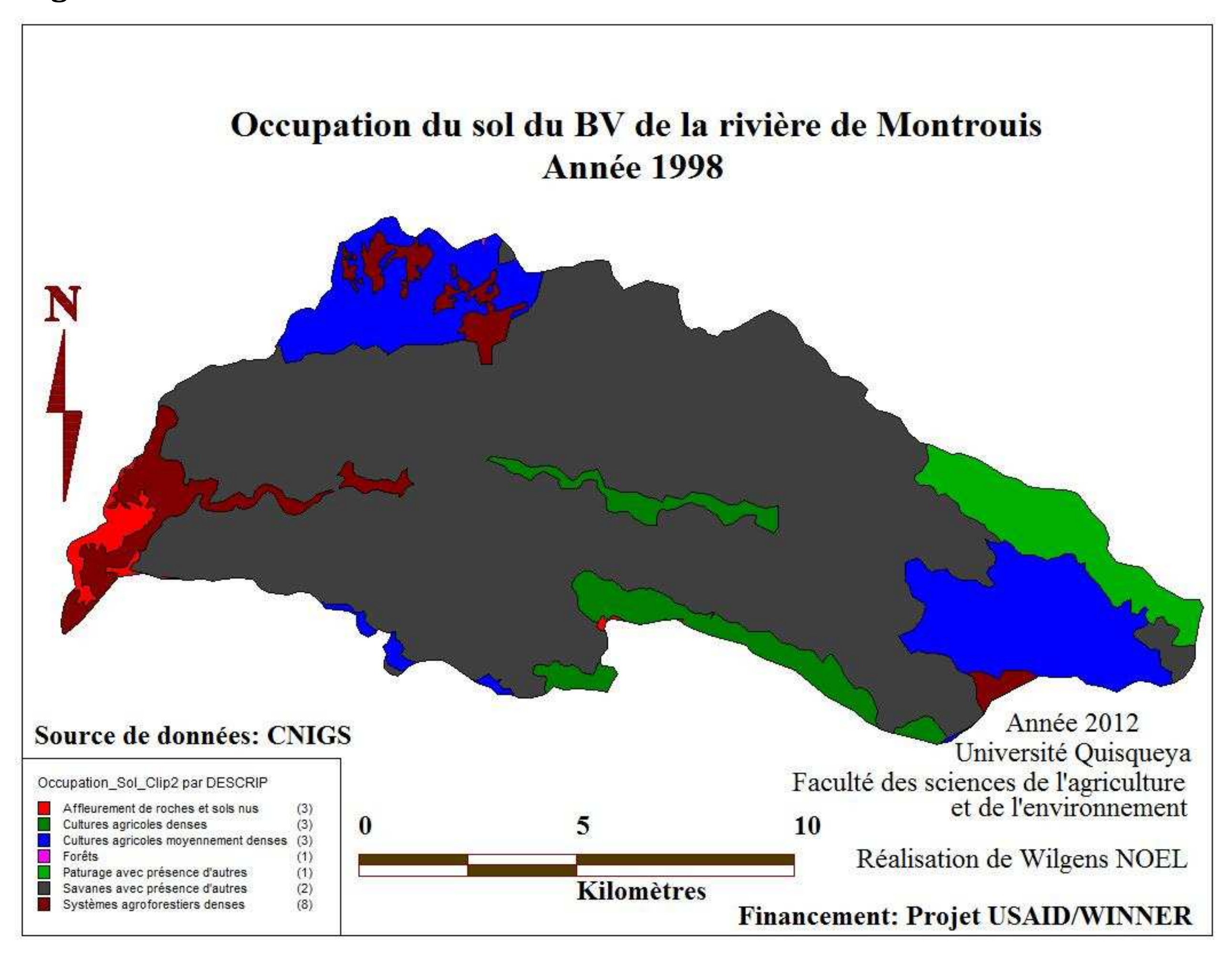
- En amont du BV, il y a un large espace occupé par pâturage avec presence d'autres, des cultures agricoles moyennement denses et des systèmes agroforestiers denses ;
- Au milieu, il y a une forte présence de savanes avec présence d'autres, de l'urbain continu et discontinu alors que :
- les cultures agricoles denses prédominent

4.6.2-BV de la rivière de Montrouis

L'analyse des données du Centre National des Informations Géo Spatiales (CNIGS) a fait comprendre que le BV de la rivière de Montrouis a une grande superficie de savanes en amont et à son milieu alors qu'en aval, les systèmes agroforestiers denses sont majoritaires. Sur le plan d'occupation de sols, il y a 2 espaces qui sont occupés par des savanes (madame Michel et madame Michaud (9.5%)), 3 par des cultures agricoles denses (14.29%), 3 par des cultures

agricoles moyennement denses (14.28%), 1 par des forets (4.76%) et 1 par du pâturage (4.76%), 8 par des systèmes agroforestiers denses (38%) et enfin 3 par des affleurements des roches et des sols nus (14.28%).

Figure 18: OCS_98 du bassin versant de la rivière de Montrouis



4.7-Réseau Routier des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.7.1-BV de la rivière Grise

Dans le BV de la rivière Grise, des voies de communication (routes) très variées sont présentes. Il y a la route principale du département de l'Ouest (Route nationale # 1) qui traverse la rivière, des tronçons de routes qui permettent la circulation interne (Communication entre les différentes zones, communes du BV), des voies interdépartementales (Route nationale # 3) et une voie de communication qui permet les échanges entre la République d'Haiti et la République Dominicaine.

Figure 19: Réseau routier du BV de la rivière Grise

4.7.2-BV de la rivière de Montrouis

Le BV de la rivière de Montrouis est traversé par la route nationale #1 qui relie le Nord, le Nord-est, le Nord-Ouest et l'Artibonite avec le département de l'Ouest.

Source : Girault C., 1985 et ANDAH, 1994

4.8-Milieu socio-économique

4.8.1-Démographie des BV de la rivière Grise et Montrouis

4.8.1.1-BV de la rivière Grise

Le BV de la rivière Grise est traversé par un ensemble de communes du département de l'Ouest. Les populations des communes touchées par l'étude sont présentées selon les données de **l'IHSI(2009).**

Tableau 6: Population de la rivière Grise

Communes	**Habitants (hab)**	**Superficie (km^2)**	**Densité de la population (Hab/Km^2)**
1-Kenscoff	52 232	202,76	258

2-Pétion-ville	342 694	165,49	2 071 [53]
3-Delmas	359 451	27,74	12 958
4-Croix-Des-Bouquets	227 012	634,62	358
5-Tabarre	118 477	24,47	4 842
6-Cite Soleil	241 055	21,81	11 052
Total	**1340921**	**1076,89**	**31539**

Selon les chiffres du dernier recensement de l'IHSI (2009), les communes se trouvant en aval du BV de la rivière Grise ont eu le plus grand nombre d'habitants, une superficie restreinte et une forte densité de population (Tabarre et Cite Soleil). Tout ceci explique que le taux de naissance dans ces communes a augmenté et des éléments bâtis se sont érigés considérablement.

4.8.1.2-BV de la rivière de Montrouis

La rivière de Montrouis est un BV traversant trois communes. Dans le tableau ci-dessous, les habitants des communes s'y trouvent:

Tableau 7: Population de la rivière de Montrouis

Communes concernées	Habitants (hab)	Superficie (Km^2)	Densité de la population (hab/Km^2)
Arcahaie	118 501	408,73	290
Saint-Marc	242 485	556,56	436
Verrettes	131 693	356,72	369
Total	**492679**	**1322.01**	**1095**

Source : IHSI, 2009

Le BV de la rivière de Montrouis a un long parcours dans la commune de l'Arcahaie. En aval du BV, des éléments bâtis sont construits au voisinage des berges ce qui met leur vie en péril et dans les zones d'urbanisation accélérée, des maisons sont construites de façon arbitraire.

4.9-Infrastructures et services de base des BV de la rivière Grise et de Montrouis

4.9.1-BV de la rivière Grise

En amont du BV, les activités socio-économiques ne sont pas nombreuses et diversifiées. Dans tout cet espace, les exploitants pratiquent plusieurs types de cultures annuelles et d'espèces de plantes herbacées. Cependant, en majeure partie, toutes les activités et infrastructures (commerciales, industrielles, usinières et autres) se trouvent en aval du BV.

Tableau 8: Infrastructures et services de base en aval du BV de la rivière Grise

Industries	Usines	Complexes commerciaux	Infrastructures de services	Réseaux routiers/communication
-Rhum	-Usines à	-Super marchés	-Bâtiments	-Communication avec la route

53

barbancourt -Comme il faut	glace -Usines de fabriques de boissons (La couronne, Brana SA etc.)	-Magasins de vente de produits divers et marchés publics -Restaurants	publics -Hôpitaux -Cliniques médicales -Ecoles -Eglises - Banques	nationale #1 -Commucation avec la route nationale # 3 et une route conduisant jusqu'à la frontière haitiano-dominicaine (Frontière Malpasse) -Compagnies de télécommunications étant présentes dans la zone sont : Natcom et Digicel

Source : IHSI, 2003 et CNIGS

Il faut mentionner que toutes ces activités sociales suscitées permettent aux résidents de la périphérie de la rivière Grise d'avoir des emplois.

4.9.2-BV de la rivière de Montrouis

Dans la périphérie de la rivière de Montrouis, les activites sociales et infrastructures sont en majorité l'agriculture, la pêche et l'élevage et d'autres petits secteurs. Le tableau ci-dessous donne une meilleure idée de la situation en termes d'activités sociales et infrastructures :

Tableau 9: Infrastructures et services de base en aval du BV de la rivière de Montrouis

Industries	**Usines**	**Complexes commerciaux**	**Infrastructures de services**	**Réseau routier/communication**
Dans cette zone d'étude, il n'y a pas d'industries qui donnent des services	-Petites entreprises de fabrication	-Magasins de vente de produits divers -Stations d'essence -Morgues privées -Pharmacies -Super marchés -Dry cleaning -Studio de beauté	-Bâtiments publics -Ecoles primaires et secondaires -Cliniques médicales -Eglises -Bureau postal -Bureau de téléphone -Hôtels -Restaurants -Centres de coopérative de commercialisation -Caisses populaires -Hôpitaux - Banques -Terrain de football -Night club -Gaguères -Terrain de volley ball -Terrain de basket-ball -Monuments et sites historiques -Salles de théâtre et de cinéma-Bibliothèques	-Route nationale # 1 -Compagnies de téléphone présentes dans la zone d'étude : Voila, Digicel et Natcom -Stations de radio et de télévision -Journal/revue

Source **: IHSI, 2003 et CNIGS**

V-PRESENTATION DES RESULTATS

5.1-Synthèse des crues et des inondations dans la zone d'étude

Pendant la période de l'étude, la fréquence de retour des crues/des inondations et leurs effets étaient catastrophiques. Elles étaient des catastrophes naturelles dont les sujets étaient empruntés aux évènements authentiques du passé. Elles ont causé la perte des terres agricoles sous effets de l'érosion des berges. Ce qui diminue le rendement de la production des exploitations agricoles de proximité.

5.2-Cartographie, outil d'analyse de l'évolution des lits des rivières Grise et de Montrouis et de leurs effets sur les exploitations agricoles

Dans cette étude, les travaux de terrain ont eu une valeur capitale dans la validation des travaux cartographiques réalisés. De ce fait, la cartographie des lits des rivières de la zone d'étude a été réalisée pour illustrer le niveau de la divagation observée.

Cet aspect du travail a étalé la progression de la divagation des lits des rivières durant les deux périodes séquencées (2002-2006, 2006-2010) dans les figures qui suivent.

Figure 20 : cartographie du BV de la rivière de Montrouis : 2002



Cette image de Google Earth avec le lit cartographié présente la situation pour la rivière de Montrouis en 2002. Elle a été prise et présentée dans ce travail dans le but de montrer la divagation du lit de la rivière de Montrouis dans le temps. Comparativement, les autres images ci-dessous ont donné plus d'informations possibles sur la divagation du lit de cette rivière.

Figure 21: cartographie du BV de la rivière de Montrouis : 2006



Comparativement à l'image Google Earth de 2002, celle de 2006 a subi certaine divagation avec une progression lente et très variée dans la zone de l'exutoire.

Figure 22: cartographie du BV de la rivière de Montrouis: 2010



Cette image a présenté sur toute la ligne une divagation énorme de la rivière de Montrouis dans la zone de l'exutoire au cours de l'année de 2010. Cette divagation grandissante de cet endroit a été le résultat des effets (ensablement) des différentes catastrophes naturelles enregistrées au cours cette période.

Figure 23 : Cartographie de l'évolution du BV de la rivière de Montrouis:

2006-2010



Ce couplage 2006-2010 montre que le lit de la rivière de Montrouis a été divagué au cours de cette période avec une perte

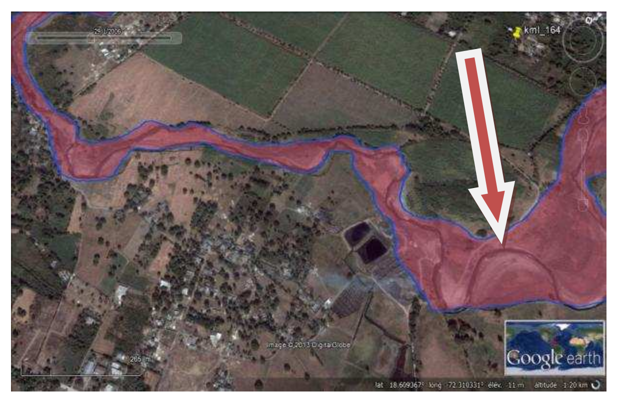
considérable des terres agricoles des zones d'études.

Figure 24 : Cartographie du lit surfacique de la rivière Grise : 2003



Situation en 2003 du BV de la rivière Grise. Au cours de cette période, elle a connu une divagation dans la zone d'exutoire.

Figure 25 : Cartographie de l'évolution du lit surfacique de la rivière Grise : 2006



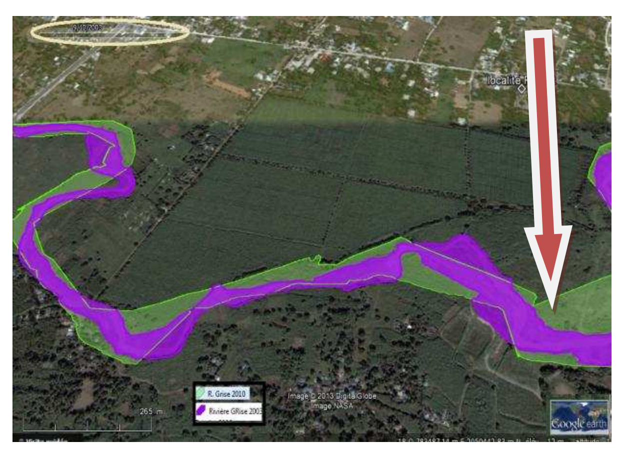
Au cours de l'année 2006, le lit de la rivière Grise a considérablement élargi. Cette divagation a surtout été significative dans les zones les plus méandrées.

Figure 26 : Cartographie du lit surfacique de la rivière Grise : 2010



Au cours de l'année de 2006, la divagation de la rivière a évolué considérablement dans la zone de l'exutoire mais aussi sur toute la ligne avec le passage des catastrophes naturelles désastreuses qui ont ruiné les berges de la rivière et emporté les terres agricoles qui ont été directement affectées.

Figure 27 : Cartographie du lit surfacique de la rivière Grise : 2003-2010



Cette même divagation a continué au cours de l'année de 2010 de façon beaucoup plus considérable dans la zone de l'exutoire.

5.2.1-Evolution des surfaces des lits des rivières cartographiées (BV de la rivière grise et de Montrouis)

Pour estimer la perte de terres agricoles dans les BV de la rivière Grise et de Montrouis, les lits des rivières ont été cartographiés à l'aide d'un site. Les résultats trouvés sont dans les tableaux ci-dessous indiqués[18]**.**

Tableau 10: Superficie des lits surfaciques des rivières Grise et de Montrouis (km2)

BV	**Lit surfacique en 2002/2003**		**Lit surfacique en 2006**		**Lit surfacique en 2010**	
	surface km²	**périmètre en km**	**surface km²**	**Périmètre en km**	**surface km²**	**Périmètre km**
Rivière Grise	3.73	62.81	4.34	64.62	4.46	64.73
Montrouis	0.74	75.14	0.93	75.17	1.03	75.44

Source : Wilgens Noel, 2012

Ce tableau #17 susmentionné a présenté l'aire des lits surfaciques des rivières des zones d'étude. Ces derniers comme mentionné dans la méthodologie, ont été numérisés sur deux périodes séquencées. Pour le BV de la rivière Grise, la divagation a atteint une superficie en Km^2 de 3.72 (ou 372 ha) en 2003, 4.34 (0u 434 ha) en 2006 et 4.46 (0u 446 ha) en 2010 et pour celui de la rivière de Montrouis, elle a atteint une superficie de.74 km^2 soit 74 ha en 2002, 0.93 km^2 soit 93 ha en 2006 et 1.03km^2 soit 103 ha en 2010. Le tableau suivant présente les écarts enregistrés en termes d'augmentation des surfaces des lits principaux des deux rivières sur les différentes périodes choisies.

Tableau 11: évolution de la divagation des lits des rivières Grise et Montrouis (km²)

BV	**2002 – 2006**	**2006-2010**	**Evolution totale (2002/2003-2010)**
Rivière Grise	+ 0.61	+0.12	+0.73 ou 73 ha
Montrouis	+0.19	+0.1	+0.29 ou 29 ha
Total	+0.80	+0.22	+1.02 0u 102 ha

1km^2=100ha source: Wilgens Noel, 2012

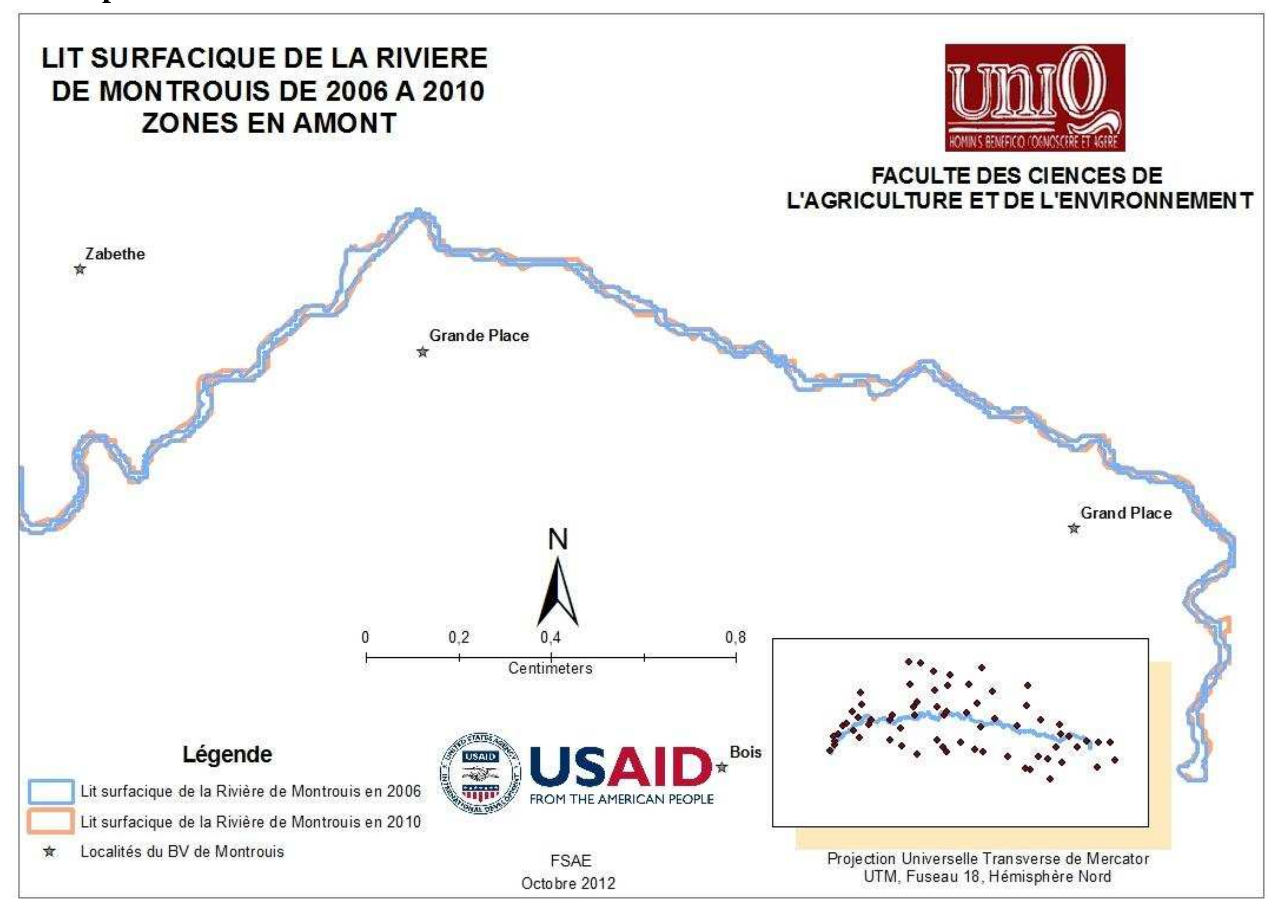
Ce tableau ci-dessus a présenté les écarts obtenus des deux périodes étudiées et la valeur cumulée de ces deux périodes. L'analyse des changements survenus au cours de ces périodes a révélé que le problème d'érosion est majeur dans la zone d'étude et est à la base de

[18]http://www.freemaptools.com/area-calculator.htm/ consulté le 11 Aout 2012

l'amenuisement des exploitations agricoles de proximité. Les figures ci-après mettent en relief la dynamique des lits principaux des rivières de la zone de 2006 à 2010.

Figure 28 : Divagation de la rivière de Montrouis de 2006 à 2010 (amont).

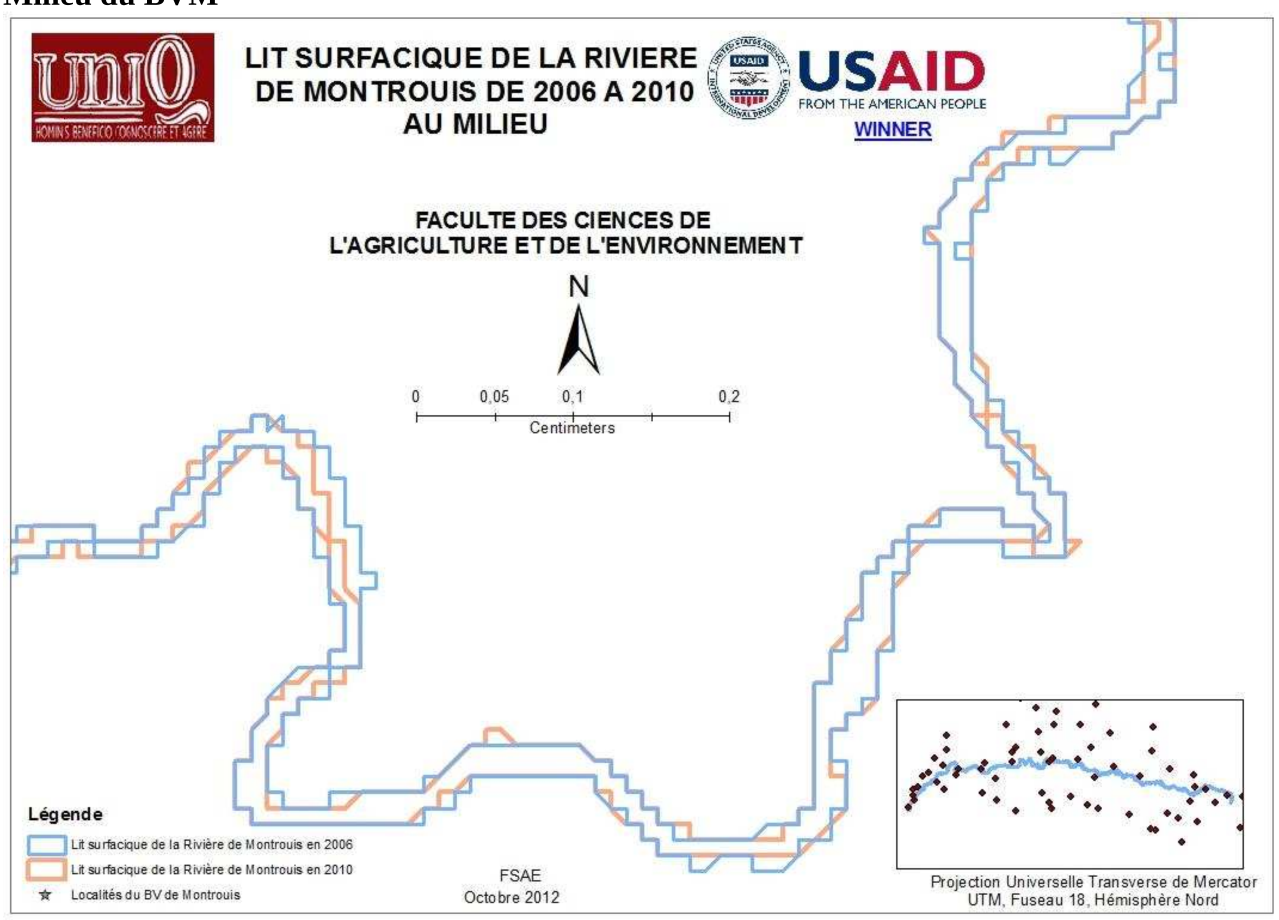
Zones plus ou moins en Amont du BVM 2006-2010



Cette portion de la rivière Montrouis se trouve en Amont. Elle montre l'évolution des lits de la rivière au cours de la période de 2006 à 2010 avec des changements de méandres dans toute la longueur des lits de la rivière. Ces changements sont survenus face aux catastrophes naturelles meurtrières enregistrées durant cette période suscitée.

Figure 29 : Divagation de la rivière de Montrouis de 2006 à 2010 (Milieu)

- **Milieu du BVM**

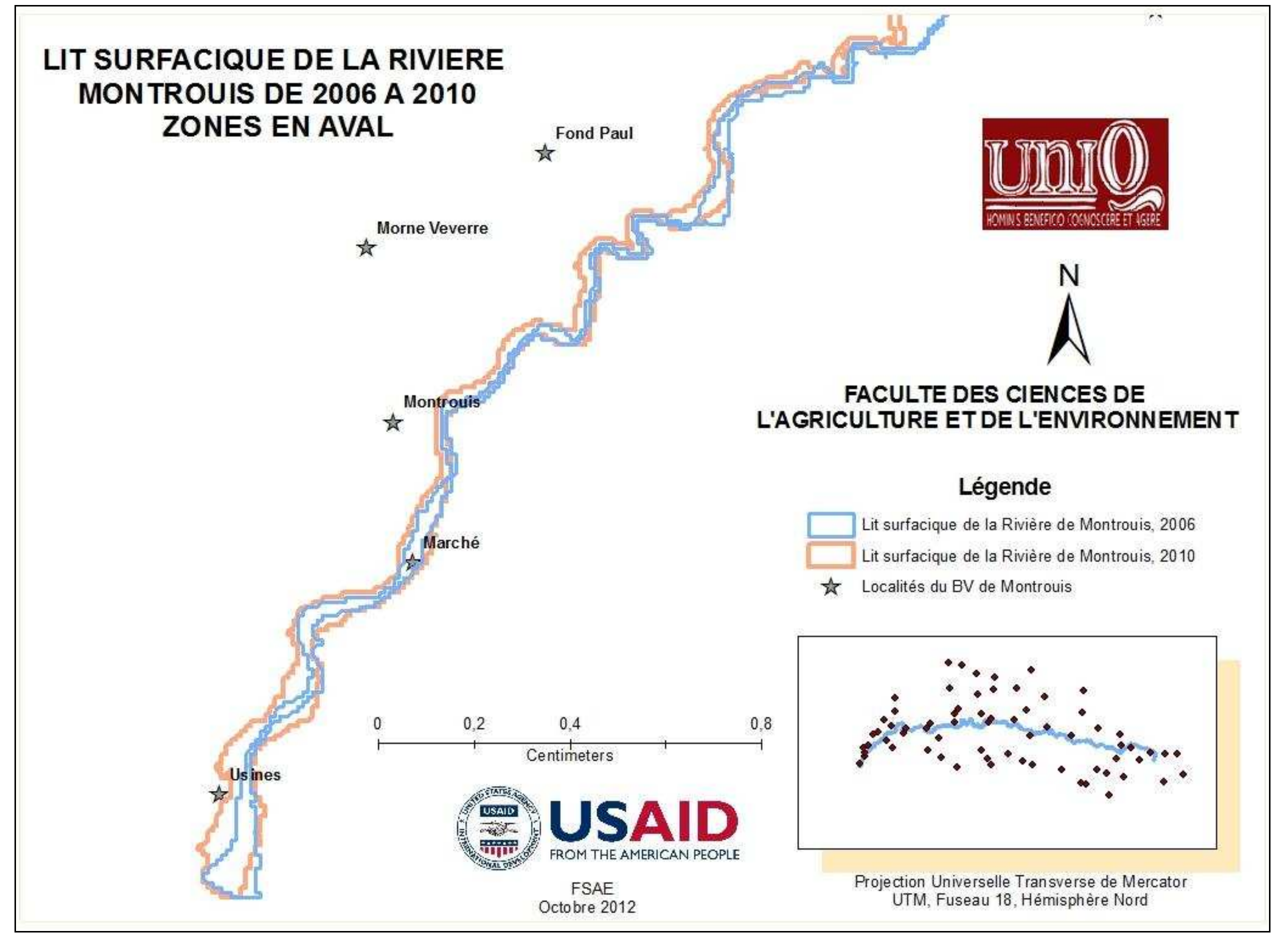


Le milieu du BV a connu ces mêmes phénomènes pendant cette période.

Figure 30: Divagation de la rivière de Montrouis de 2006 à 2010 (Aval)



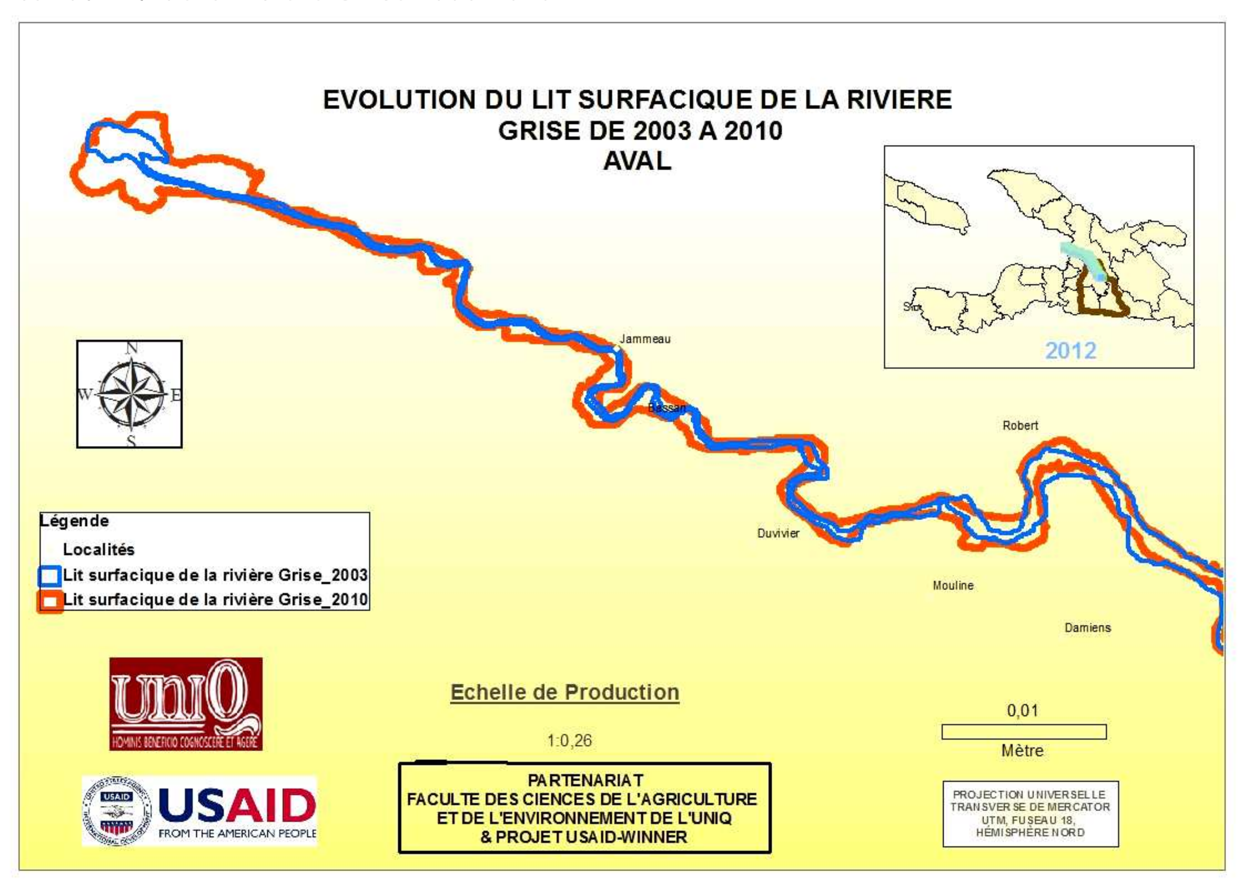
Aval du BVM 2006-2010



L'aval du BV de la riviere de Montrouis a connu une énorme divagation au courant de la période de 2006 à 2010. La figure ci-dessus montre l'evolution et le deplacement des meandres.

Figure 31. Divagation du lit de la rivière Grise de 2003 à 2010 (Aval)

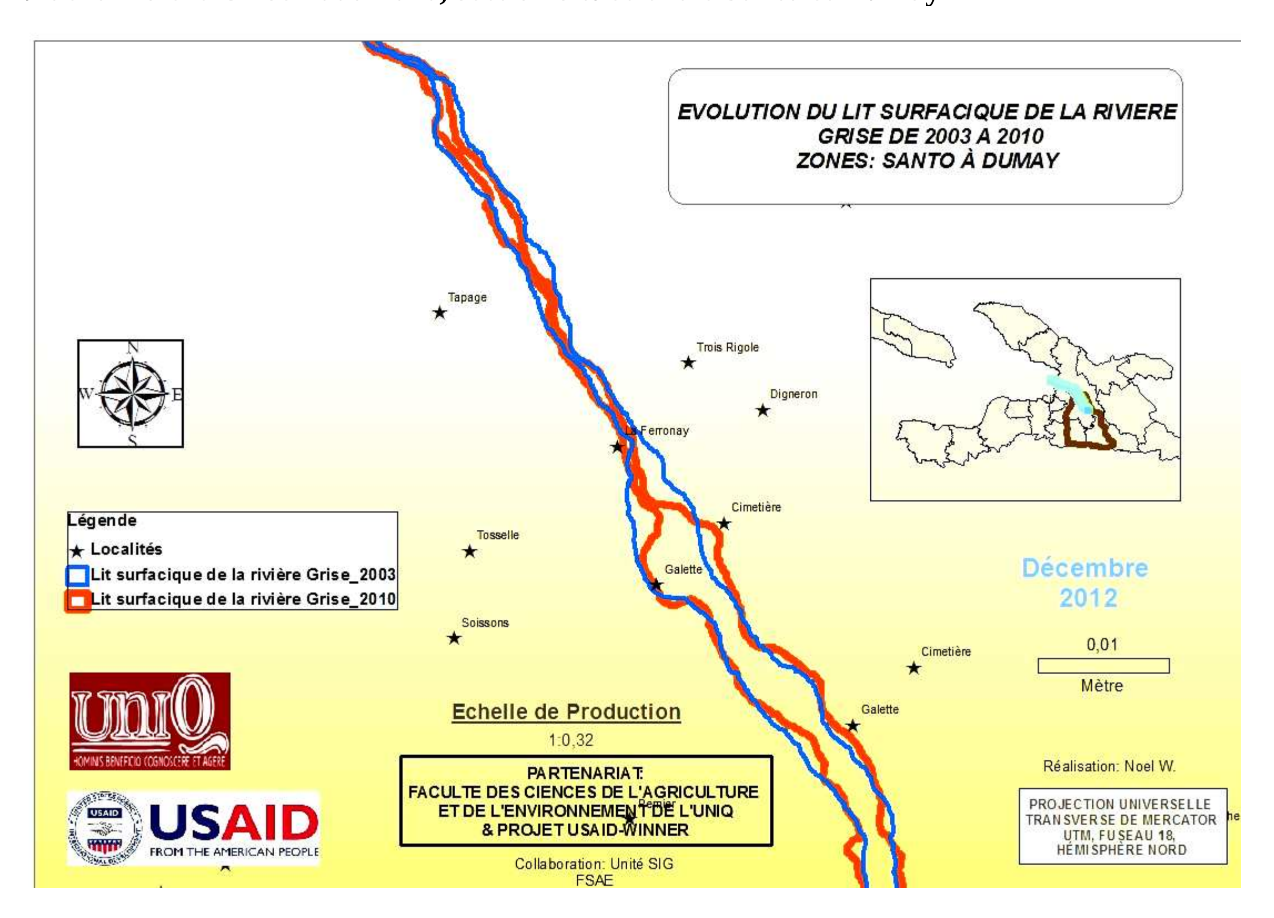
- **Aval du BV de la rivière Grise 2006-2010**



Les zones de divagation des lits de la rivière se trouvent quasiment à une denivelation inferieure à celle du lit de la rivière à cause de la sedimentation de celle-ci. cela nous a permis de mieux cerner la raison pour laquelle des espaces agricoles des zones de proximité de cette riviere sont reduits considerablement par les changements observés au niveau du lit. L'analyse des cartes ci-après revèlent que les zones susmentionnées sont affectées par la divagation des berges de la rivière**.** La carte en annexe (Figure 41) du projet KalHaiti (Novembre 2012) réalisée après le passage du cyclone Sandy a demontré aussi qu'il ya eu un déplacement des berges de cette rivière et cela a entrainé des pertes au niveau des éléments bâtis et d'autres enjeux se trouvant à proximité de ses berges.

Figure 32 : Divagation de la rivière de Montrouis de 2006 à 2010 (Milieu)

- **BV de la rivière Grise 2006-2010, section située entre Santo et Dumay**



Dans la section de Santo et Dumay, le lit de la rivière Grise a été élargi considérablement avec des déplacements de lits principaux tout au long du BV. Les mêmes constats qui sont faits dans la partie avale sont aussi présents dans les zones de Santo et Dumay en termes de l'évolution des berges.

5.3- Localisation de quelques endroits de forte divagation de berges des rivières Grise et Montrouis

Avec les grands élargissements qu'ont connus les BV de la rivière Grise et de Montrouis au cours de la dernière décennie, nous avons prélevé des points dans les deux BV à l'aide du GPS. Ces points représentent une liste non exhaustive des zones dont les berges sont divaguées considérablement. Les coordonnées géographiques des endroits repérés se trouvent dans le tableau ci-après :

Tableau 12: Coordonnées géographiques des endroits fortement touchés par la divagation des lits des BV.

Localités	Latitude(°)	Longitude(°)
	Rivière Grise	
Dumay	18.508580	-72.205567
Galette	18.531961	-72.217197
Galette	18.542131	-72.222454
	Rivière de Montrouis	
Montrouis	18.943193	-72.709453
Cuyo	18.968984	-72.683174
Langlois	18.967702	-72.570051

Source : Wilgens Noel, 2012

5.4-Divagation des lits des rivières Grise et de Montrouis et ses effets sur les exploitations agricoles attenantes

Au cours des années 2002 à 2010, les lits des rivières Grise et de Montrouis ont connu une grande divagation au niveau des berges. Les effets de cette divagation sont catastrophiques sur les exploitations agricoles se trouvant à proximité. La situation est présentée dans les tableaux suivants dans lesquels sont mis en relief les exploitations agricoles, leur surface et la proportion affectée par les crues et le déplacement des berges.

Dans les figures 35 et 36 ci-dessous, les localités dans lesquelles les enquêtes ont été réalisées sont identifiées.

Figure 33: BV de la rivière de Montrouis et les sites de collection de données présentés sous forme de triangle

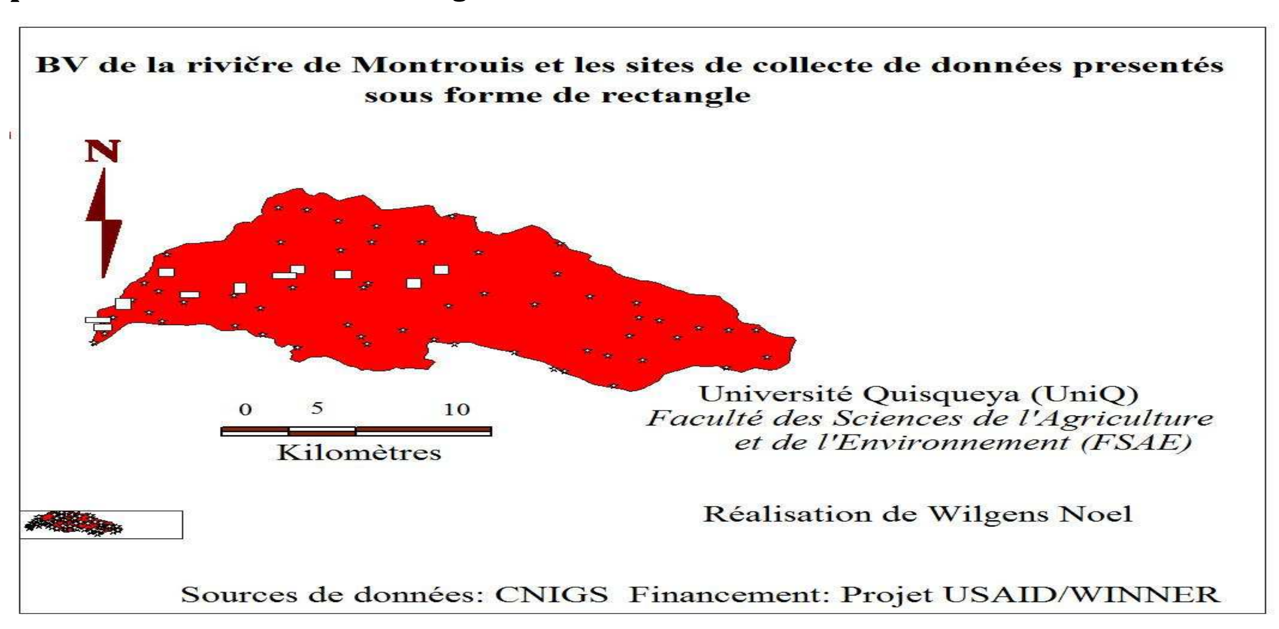
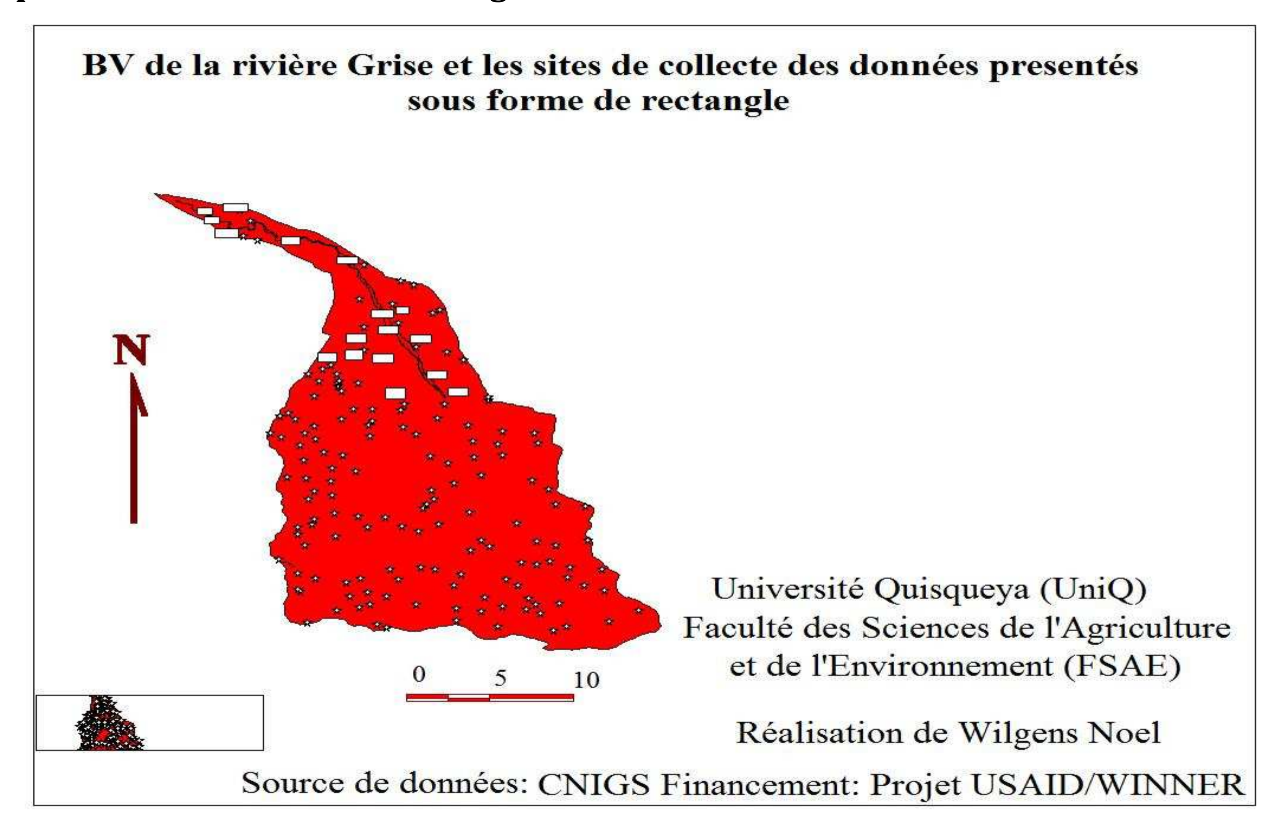


Figure 34 : BV de la rivière Grise et les sites de collection des données présentés sous forme de triangle



5.5-Superficie affectée au niveau des exploitations agricoles par divagation des lits des rivières

5.5.1-Rivière Grise

Les surfaces réduites sont successivement le nombre d'hectares et le pourcentage de l'exploitation agricole affectée par la divagation des lits des rivières. Le tableau ci-après décrit scrupuleusement le niveau d'affectation des exploitations agricoles.

Tableau 13: Superficie affectée au niveau des exploitations agricoles par divagation des lits de la rivière Grise du BVRG

Classement en ordre d'importance (croissance)	Surface de l'exploitation		Surface de l'exploitation affectée par la divagation des lits de la rivière	
	(Cx)	(ha)	(ha)	(%)
1	3	3.87	0.241875	6.25
2	2	2.58	0.3225	12.5
3	1/16	0.080625	0.016125	20
4	1	1.29	0.3225	25
5	¼	0.3225	0.080625	25
6	5	6.45	1.6125	25

7	1/16	0.080625	0.02015625	25
8	1/5	0.258	0.086	33.33
9	¼	0.3225	0.1075	33.33
10	1/8	0.16125	0.05375	33.33
11	½	0.645	0.3225	50
12	¾	0.9675	0.48375	50
13	1/16	0.080625	0.0403125	50
14	½	0.645	0.3225	50
15	1/8	0.16125	0.080625	50
16	1	1.29	0.645	50
17	1/16	0.080625	0.0403125	50
18	½	0.645	0.3225	50
19	1	1.29	0.645	50
20	1	1.29	0.645	50
21	2	2.58	1.29	50
22	1	1.29	0.645	50
23	¼	0.3225	0.16125	50
24	2	2.58	1.29	50
25	½	0.645	0.3225	50
26	1 ½	1.935	1.29	66.67
27	1 ½	1.935	1.29	66.67
28	1	1.29	0.9675	75
29	2	2.58	1.935	75
30	1	1.29	0.9675	75
Total		**38.96**	**16.48**	

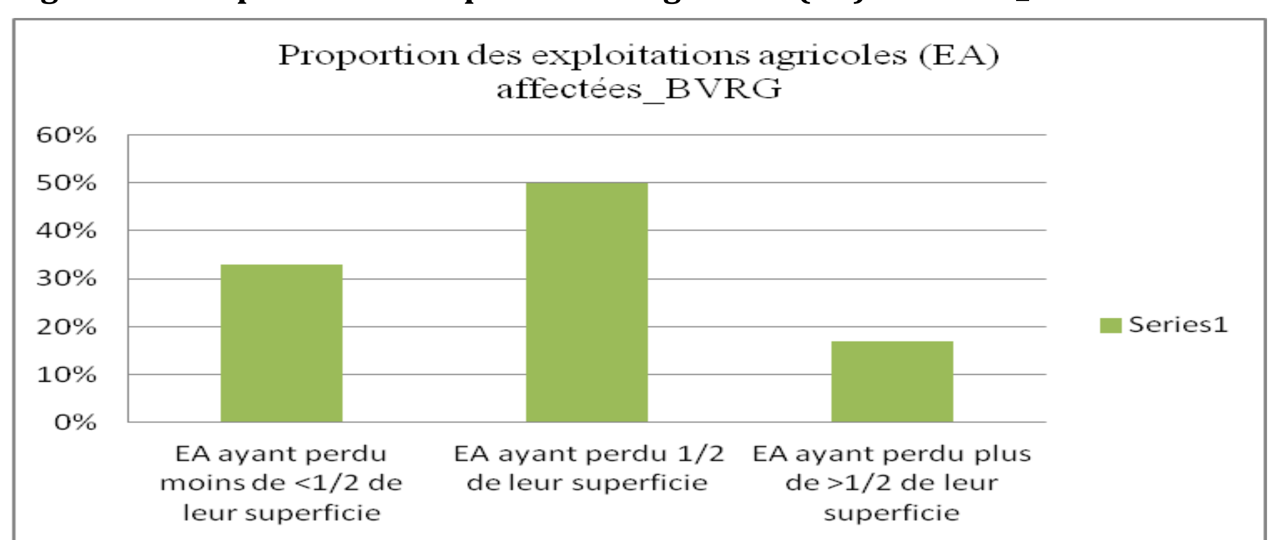
Source : enquêtes de terrain réalisées par Wilgens Noel, 2012

Dans ce tableau ci-dessus, les exploitations agricoles ont été répertoriées et classées selon leur niveau d'affectation par la divagation des lits de la rivière Grise. Les surfaces touchées varient de 6 à 75% dans le BV de la rivière Grise. Ce classement établi dans le tableau a été fait dans un ordre croissant dans le but de catégoriser les exploitations agricoles selon leur dégré d'affection.

5.5.1.1-Classement des exploitations agricoles selon leur degré d'affectation

Pour faire le classement, trois catégories d'exploitations agricoles ont été établies lesquelles sont présentées dans la figure 22.

Figure 35: Proportion des exploitations agricoles (EA) affectées_BVRG



Cette figure montre que 50% des exploitations agricoles riveraines dans le BV de la rivière Grise ont perdu la moitié de leur superficie et 33% des exploitations agricoles ont perdu moins de 50% (1/2) de leur superficie par la divagation accélérée du lit principal de cette rivière. Il est à souligner que les espaces agricoles fortement touchés par le sapement de berges et, par conséquent, par la divagation du lit, représentent 17% du total (perte de plus de 1/2 de la superficie). La proportion des exploitations affectées est présentée dans la figure ci-après.

5.5.2-BV de la rivière de Montrouis

Comme il a été présenté pour la rivière Grise, les informations relatives aux exploitations agricoles enquêtées, leur surface et leur proportion affectées sont développées dans le tableau suivant.

Tableau 14: Superficie affectée au niveau des exploitations agricoles par divagation du BVM

Classement en ordre d'importance (croissance)	Surface de l'exploitation agricole		Surface de l'exploitation agricole affectée par la divagation des lits de la rivière	
	(Cx)	(ha)	(ha)	(%)
1	¼	0.3225	0.010078125	3.125
2	½	0.645	0.0403125	6.25
3	1/8	0.16125	0.010078125	6.25
4	½	0.645	0.0403125	6.25
5	1	1.29	0.16125	12.5
6	¾	0.9675	0.1209375	12.5
7	1/32	0.0403125	0.0050390625	12.5
8	¼	0.3225	0.0403125	12.5
9	2	2.58	0.3225	12.5

10	1/8	0.16125	0.02015625	12.5
11	¼	0.3225	0.0403125	12.5
12	1/8	0.16125	0.0403125	25
13	1	1.29	0.3225	25
14	1	1.29	0.3225	25
15	½	0.645	0.3225	50
16	1 ½	1.935	0.9575	50
17	1/16	0.080625	0.0403125	50
18	½	0.645	0.3225	50
19	1 ¼	1.6125	0.80625	50
20	¾	0.9675	0.48375	50
21	1	1.29	0.645	50
22	½	0.645	0.3225	50
23	½	0.645	0.3225	50
24	¾	0.9675	0.48375	50
25	½	0.645	0.3225	50
26	1/16	0.080625	0.06046875	75
27	1	1.29	0.9675	75
28	½	0.645	0.48375	75
29	1/8	0.16125	0.1209375	75
30	1	1.29	0.9675	75
Total		**23.74**	**9.13**	

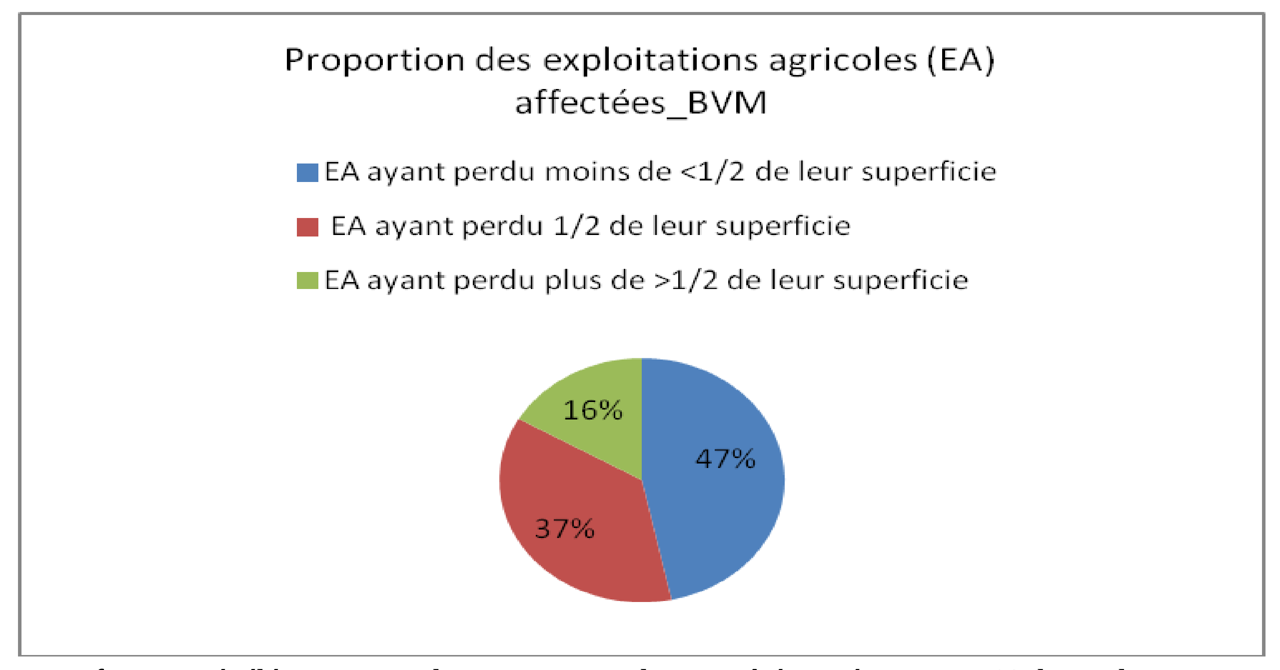
Source : enquêtes de terrain réalisées par Wilgens Noel, 2012

Ce tableau montre que la perte de surface de terres agricoles ou exploitations agricoles enquêtées s'étend de 3 à 75%

5.5.2.1-BV de la rivière de Montrouis

Le classement des exploitations agricoles dépend de la valeur de leurs surfaces affectées par la divagation des lits de la rivière de Montrouis. Trois classes ont été également établies pour le BV de Montrouis (figure ci-après)

Figure 36 : Proportion des Exploitation Agricoles (EA) affectées_BVM



Cette figure a révélé que 14 exploitations agricoles enquêtées présentant 47% du total ont moins de 50% (1/2) de leur aire affectée par la divagation, 11 exploitations agricoles soit 37% du total ont la moitié de leur surface touchée par le même problème et enfin 5 exploitions agricoles soit 16% sont plus affectées par la divagation des lits de la rivière de Montrouis, car elles ont perdu plus de la moitié (1/2) de leur territoire par la divagation des lits de la rivière. La figure ci-avant donne une idée des surfaces des exploitations touchées par le déplacement des berges de la rivière de Montrouis.

5.6-Superficie totale des exploitations agricoles affectées dans les zones d'étude

Tableau 15: Niveau de dommages dans les exploitations agricoles dans les 2 BV

Bassins versants	Niveau de perte	Nombre d'exploitations agricoles	Exploitation agricole Affectée
Rivière Grise	Faible	3	<1/4
	Moyen	7	[1/4,1/2[
	Elevé	15	½
	Très levé	5	>1/2
Riviere de Montrouis	Faible	11	<1/4
	Moyen	3	[1/4,1/2[
	Elevé	11	½
	Très élevé	5	>1/2

Dans les deux BV étudiés, le niveau des effets des crues et d'érosion a connu 4 dimensions. Dans le BV de la rivière Grise, 3 exploitations agricoles ont atteint un niveau de perte faible inférieure à 25%, 7 touchées d'une perte inférieure à 50%, 15 affectées d'une perte élevée égale à 50% et 5 affectées d'une perte très élevée supérieure à 50%. Dans celui de la rivière de Montrouis, la situation a été aussi identifiée sur 4 niveaux. Le résultat des enquêtes a montré que 11 exploitations agricoles ont eu un niveau de perte faible inferieure à 25%, 3 touchées d'une perte moyenne inférieure à 50%, 11 affectées d'un niveau de perte élevée de 50% et 5 atteintes d'une perte de plus de 50%.

Tableau 16: Superficie totale des exploitations agricoles affectées dans les zones d'étude

	Nombre total des exploitations agricoles enquêtées	Surface totale des exploitations agricoles enquêtées (ha)	Surface totale des exploitations agricoles affectées par la divagation des lits des rivières (ha)	Pourcentage total des surfaces des exploitations agricoles affectées par la divagation des lits des rivières (%)
BV de la rivière Grise	30	38.96	**16.48**	**42.3**
Bv de la rivière de Montrouis	30	23.74	**9.13**	**38.45**
Total	**60**	**62.7**	**25.61**	**40.84**

Dans les deux BV, les effets des crues et d'érosion des berges sont considérables. Dans le BV de la rivière Grise, la superficie des exploitations agricoles touchées par la divagation est 16.48 ha soit un pourcentage de 42.3% et dans celui de Montrouis, la superficie touchée par la divagation est 9.13 ha soit un pourcentage de 38.45%. Tout ceci explique que les phénomènes érosifs sont beaucoup plus grands dans le BV de la rivière Grise.

Au niveau de la zone d'étude en l'occurrence les deux BV, environ 40.84% soit une superficie de 25.61ha des espaces agricoles riverains ont victimes de la divagation des lits des rivières et de la fréquence des crues.

5.6.1-Synthèses de la présentation des résultats de la cartographie des lits surfaciques

Selon la cartographie des lits surfaciques des rivières qui ont été quantifiés, une évolution beaucoup plus importante des lits des rivières au cours de la période de 2002/2003-2006 a été observée par rapport à celle allant de 2006 à 2010. Pour le BV de la rivière Grise, l'évolution totale des lits des rivières est de 0.73 km^2 ou 73 ha et pour celui de Montrouis, elle est de 0.29 km^2 ou 29 ha pour la période considérée. Il faut aussi souligner que, dans l'ensemble des deux

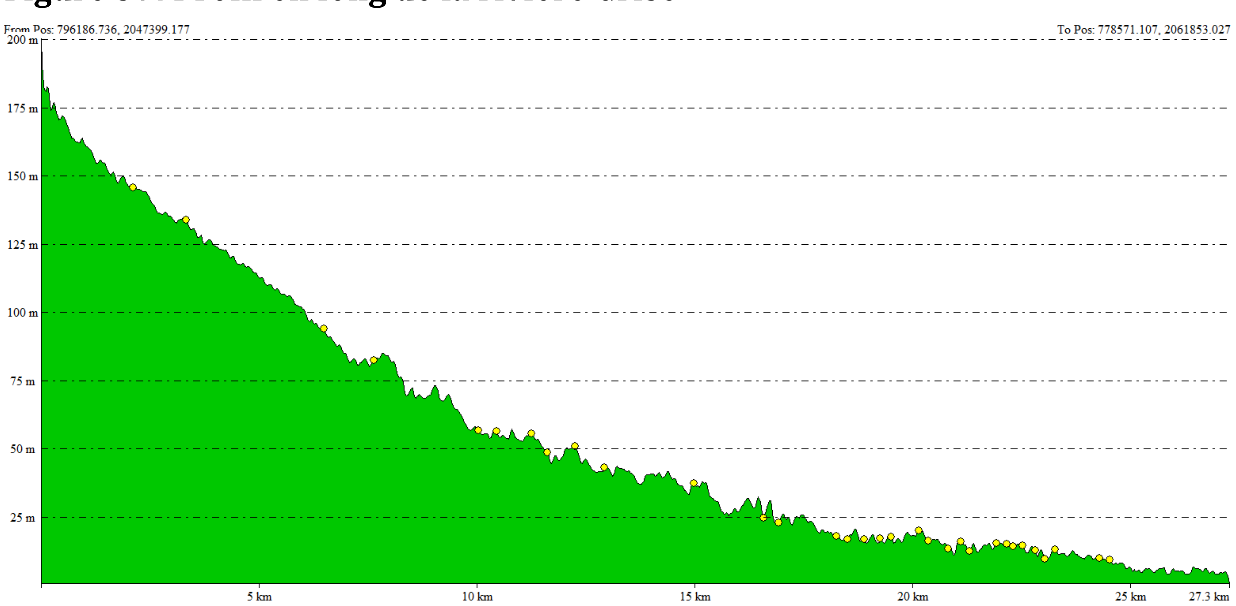
BV, le niveau de la dégradation tend vers le même sens avec une évolution totale de 1.02 km^2 ou 102 ha.

Les berges des rivières Grise et de Montrouis ont été divaguées considérablement durant ces dernières décennies. D'une part, l'une des cartes de synthèse, résultant de la superposition des deux périodes distinctes, présente les tracés des lits de la rivière sur les périodes (2006-2010)). Ces cartes ont montré exactement l'élargissement grandissant des lits de la rivière dans les périodes ciblées et la situation n'est pas différente pour la rivière Grise. Selon ces produits cartographiés, une divagation sur toute la longueur du lit des rivières, surtout dans leur partie avale a été observée. Ce qui explique que la divagation du lit se fait de l'amont vers l'aval.

5.7-Profils en long des BV de la rivière Grise et de Montrouis

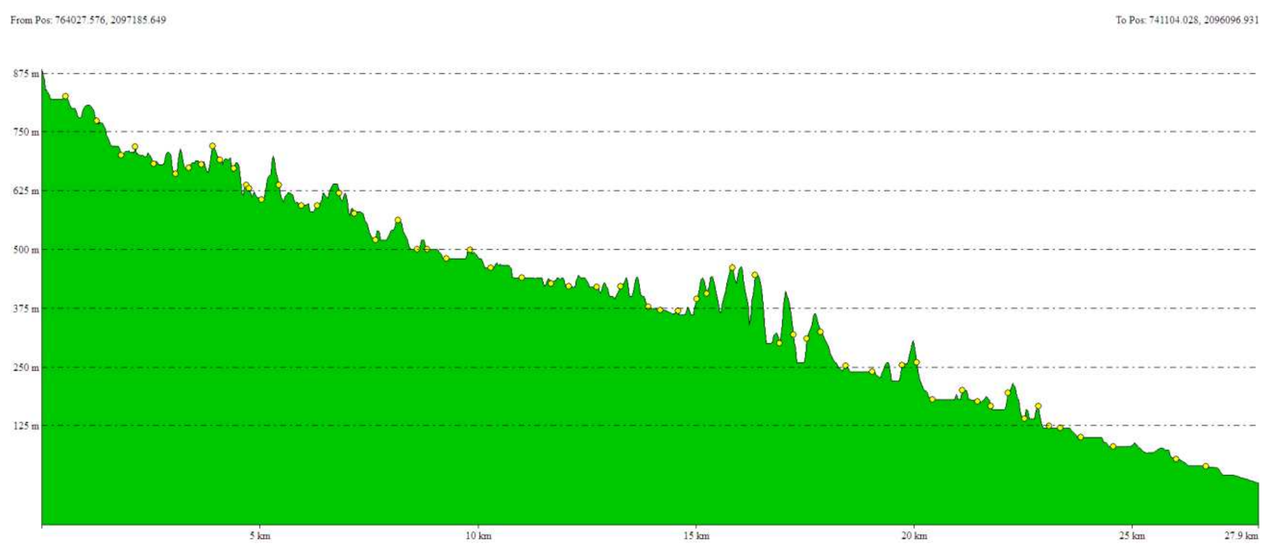
D'une manière générale les effets des crues et de l'érosion dépendent grandement de la topographie, de la texture et de la structure du sol et de la couverture végétale disponible pour citer que cela. Les profils en long des rivières Grise et de Montrouis sont présentés dans les figures ci-après

Figure 37: Profil en long de la rivière Grise



Dans le profil du BV de la rivière Grise, deux parties très distinctes du relief ont été identifiées. La première a un relief plus ou moins régulier et de pente forte et la seconde a présenté un relief plus ou moins modéré et très irrégulier. Ces espaces de relief très irréguliers représentent des zones d'accumulation de sédiments éventuellement des débordements d'eau lorsque la rivière est en crue lors des aléas naturels.

Figure 38: Profil en long de la rivière de Montrouis



Par contre, dans le profil de la rivière de Montrouis, la pente est plus ou moins modérée dans tout son parcours. Ce qui explique que le niveau de risque d'érosion, la sédimentation et les crues furieuses est plus considérable au niveau du BV de la rivière de Grise par rapport à celui de la rivière de Montrouis, selon la topographie de ces zones d'étude.

5.8-Causes des crues et d'érosion des berges dans les deux bassins versants

Les crues et l'érosion des berges progressent, multiplient et causent des dangers quand les facteurs climatiques et anthropiques sont quantifiables ou dénombrables. Les facteurs anthropiques sont à la base de l'instabilité des berges des rivières Grise et de Montrouis. Les causes liées aux facteurs climatiques et anthropiques sont les suivantes :

- Physionomie des sols/granulométrie des matériaux des sols (texture et structure), plus de 50% de calcaires (rivière Grise).
- Reliefs (pente) : 80% du relief du BV de la rivière est supérieur à 12 % ;
- Végétation (déracinement, abattage des arbres en bordure des cours d'eau) : faible couverture forestière et dominance des cultures agricoles saisonnières c'est-a-dire des cultures sarclées (rivière Grise et rivière de Montrouis) ;
- Activités humaines (installations des infrastructures anarchiques et fragiles, élevage d'animaux non contrôlés) ;
- Perturbations atmosphériques (aléas naturels) ;
- Présence des rongeurs dans les berges ;

5.9-Effets néfastes des crues et d'érosion des berges

Dans les BV étudiés, les effets des crues et de l'érosion des berges sont grands sur les exploitations agricoles, sur l'environnemental et sur l'urbanisation.

5.9.1-Sur les exploitations agricoles

L'érosion des berges a de grandes conséquences sur les exploitations agricoles. Avec l'évolution continuelle des lits des rivières, les surfaces agricoles de proximité des rivières s'amenuisent (ont connu du sapement ou de l'affouillement). Ce qui provoque, par la suite, le détachement de la partie des berges affectées et entraine la perte de terres agricoles. La diminution des surfaces agricoles a des impacts négatifs sur le volume des produits récoltés. Ce grand fléau qui sape les berges des rivières diminue intégralement le rendement des plantes cultivées. L'érosion des berges et le rendement des plantes cultivées vont dans le sens contraire c'est-à-dire plus les lits des rivières sont élargis plus le rendement des cultures pratiquées diminue.

Figure 39: Effets des crues sur les exploitations agricoles à proximité des berges (Riviere de Montrouis)



Photo prise par Wilgens Noel dans la localité de Morne Mars (Montrouis) le 15 Juillet 2012

L'image ci-après montre comment les berges de la rivière Grise ont été élargies dans la zone de Dumay sous l'effet des crues et de l'érosion provoquée sur les berges. Les conséquences sont majeures sur le plan agricole à cause de la perte des terres cultivables. La figure suivante présente les effets néfastes des crues torrentielles sur les berges de la zone ci-dessus mentionnée.

Figure 40 : Perte de terres agricoles sous l'action de l'érosion des berges



Photo prise par Wilgens NOEL le 13 Aout 2012 dans la localité de Dumay, Croix-Des-Bouquets

5.9.2-Sur l'environnement

Les rivières peuvent déborder et endommager des cultures agricoles à proximité des berges et des constructions avec les matériaux solides qu'elles entraînent. Des dommages sévères peuvent survenir.

Dans les régions d'étude, les inondations sont souvent dynamiques. Cependant, l'érosion des berges elle-même se produit de deux manières. Elle se fait de façon verticale (courants sauvages)

et horizontale (zones de pentes accentuées). Les crues torrentielles, la vitesse d'un cours d'eau et la taille des matériaux transportés ont des conséquences considérables sur la biodiversité (les écosystèmes) et le milieu naturel primaire des régions d'étude.

Figure 41: Erosion des berges

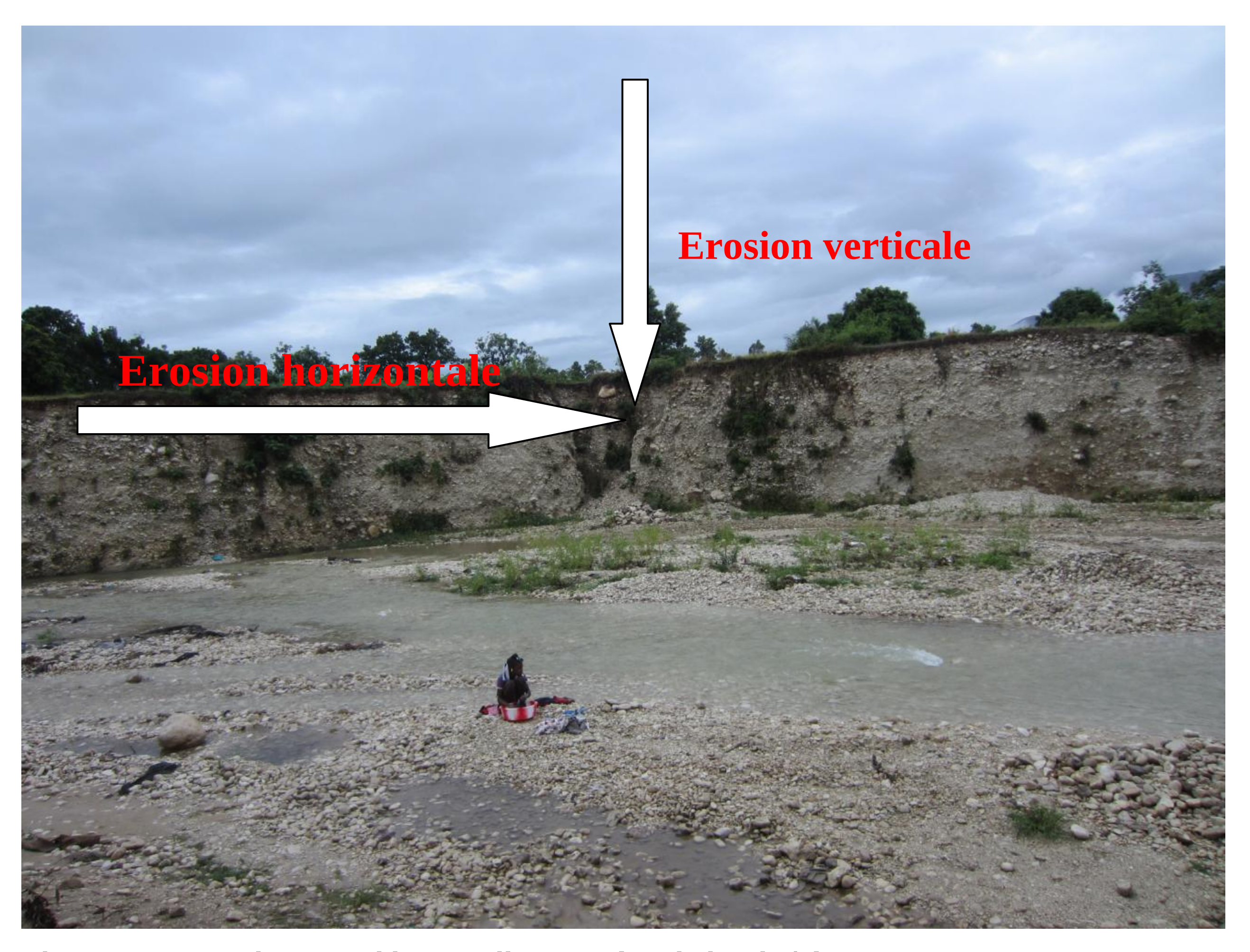


Photo prise par Wilgens Noel le 28 Juillet 2012 dans la localité de « Nan Mango », Montrouis

VI- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les thématiques générales du mémoire concernent la compréhension de l'impact des crues et d'érosion des berges sur la perte des terres agricoles dans les deux BV étudiés. Elles sont étudiées par la cartographie et l'évolution des surfaces des lits des rivières et les enquêtes réalisées auprès des agriculteurs concernés. Toute cette étude met en relief le pouvoir érosif des crues et leurs effets sur les berges des rivières ce qui enfante comme conséquences la baisse du rendement de la production agricole dûe à la perte des terres des exploitations agricoles de proximité des rivières.

Toutes ces pertes enregistrées au niveau des exploitations agricoles en bordure des rivières ont pour leur origine les conditions éco-climatiques (facteurs climatiques et anthropiques) de l'amont et de l'aval sans oublier l'inclinaison du relief, l'intensité des pluies, la vitesse des crues et la taille des matériaux constituant les sols des BV des rivières Grise et de Montrouis (texture et structure des sols).

En amont : Pour pallier aux effets des crues et de l'érosion des berges, il faut penser en premier à résoudre les problèmes environnementaux des deux BV.

En amont des BV Grise et de Montrouis, les pentes sont très accentuées et dénudées et il y a des espaces qui sont occupés par des savanes. La couverture végétale de ces BV est très faible. De ce fait, les gouttes de pluies arrivent directement au sol et causent par la suite une forme d'érosion appelée en anglais « splash erosion ». Il faut aussi noter que les pratiques culturales des régions pentues jouent un rôle énorme dans l'impact des crues et de l'érosion des berges en aval.

Pour limiter leurs dégâts, il faut contrôler la chute des gouttelettes de pluies aux sols afin de casser la vitesse des crues. Pour diminuer la vitesse des crues dans les deux BV, il faut :

- ❖ Reboiser les mornes (arbres de couverture, espèces forestières) ;
- ❖ Changer de pratiques culturales i.e. il faut développer l'agroforesterie notamment le système sylvo-pastoral au lieu de cultures sarclées ;
- ❖ Réorienter l'économie des populations autochtones vers d'autres domaines d'économie (le système sylvo-pastoral peut réorganiser l'économie des populations des communautés cibles).

Pour répondre aux besoins immédiats, il faut :

- ❖ Casser la vitesse des crues par des structures mécaniques :
- ➢ Construction des seuils dans les zones de ravines ;
- ➢ Construction des murs secs dans les zones de faibles pentes ;

- Installer des rampes vivantes/bandes enherbées dans les zones de pentes ;
- Reboiser avec des espèces tropicales à croissance rapide ;
- Empêcher la formation des rigoles ou ravins par le fascinage ;

En aval : les actions des crues sont beaucoup plus considérables en plaines qu'en amont. Elles peuvent éroder les berges des rivières pour engendrer la perte de terres cultivables et des récoltes, aussi les risques d'inondations sont beaucoup plus fréquents en aval (obstructions des canaux de drainage, dommages dans les infrastructures routières etc.) sans négliger les pertes en vies humaines et les pertes matérielles. Pour limiter les dégâts qui peuvent survenir, on doit obligatoirement :

- Faire du gabionnage pour reprofiler les rivières ;
- Planter des espèces ligneuses à tiges flexibles au voisinage des berges (forets de bambou, de roseaux etc.) ;
- Construire des haies vives près des berges des rivières (système agro-sylvicole, système sylvo-pastoral) ;
- Interdire la pratique d'élevage (à la corde ou libre) aux alentours des berges des rivières ;
- Interdire l'exploitation non contrôlée des matériaux de construction;
- Pratiquer la culture fruitière à coté des berges (les cultures saisonnières ne favorisent pas l'enracinement et une couverture végétale de protection).

LEXIQUE

Définition de l'indice de circularité : Miller (1953) a défini un indice de circularité, rapport de la surface du bassin étudié à la surface du cercle de même périmètre.

Erosion éolienne : Elle est le phénomène de dégradation du sol sous l'action du vent qui arrache, transporte et dépose des quantités importantes de terres

Erosion géologique : c'est une forme d'érosion issue de l'altération des roches en place et des apports alluviaux et colluviaux (pédogenèse) (Kilian et Bertrand, 1974).

Chenaux : Ce sont des canaux permettant aux eaux encombrées d'alluvions de s'écouler.

Méandre : Il est une sinuosité très prononcée du cours d'un fleuve ou d'une rivière qui se produit naturellement lorsque le courant est suffisant pour éroder les berges.

Cite Soleil : Anciennes sections communales 1ere Varreux et 2eme Varreux fusionnées puis élevées au rang de commune par la Loi du 26 Mars 2002.

Tabarre : Anciennes sections communales 3eme Bellevue et 4eme Bellevue fusionnées puis élevées au rang de commune par Loi du 26 Mars 2002.

Zones de déposition

Elles sont subdivisées en plusieurs parties:

a) Le piémont est défini par une pente régulière moyenne à faible et assez souvent constitué de matériaux grossiers, il est formé au contact des flancs de montagne avec les plaines.
b) La vallée est une plaine allongée et délimitée par les montagnes.
c) Les cônes de déjection sont des endroits où les ravines débouchent sur la vallée principale. Elles sont formées de faible pente et dépôts matériaux grossiers.
d) La plaine colluvio-alluviale est formée principalement des matériaux fins et grossiers arrachés et charriés des versants et déposés en terrasses.
e) Plaine alluviale est une surface de relief, à faible dénivelé, en fond de vallée. Elle est constituée par des alluvions (débris, matériaux) déposées lors des pluies torrentielles.

BIBLIOGRAPHIQUE

- Alleyn P. ; 2006. Haïti, la faillite agricole est contre nature. Disponible sur internet: http://www.alternatives.ca/article2348.html Dernière consultation : 13/03/2012
- ANDAH (1999) : La dégradation de l'environnement haïtien. 35p
- ANDAH, 1994. Evaluation de la situation agricole, diagnostic Aout 1994. Rapports départementaux. Vol I & II. Port-au-Prince : ANDAH
- Bernard VALADAS, 2011. Géomorphologie dynamique, Paris, 192p
- CABIDOCHE, Y.M. 1996. Gravite de l'erosion hydrique et principes de conservation des sols dans les mornes d'Haiti. In conjunction 200. Imprimerie Deschamps. P-au-P.
- Cabidoche, Y.M., 1996. Gestion de la fertilité des sols de la Caraïbe, face à leur diversité in Conjonction, no.200, pp.123-129. capacités nationales et locales sur le plan politique, légal, organisationnel et technique.
- CNSA (1999) : Zonage agro-écologique a l'échelle des sections communales
- CNSA/FEWS NET, 2005. Profils des modes de vie en Haïti. CNSA/ USAID-FEWS Consultations électroniques
- CROS-CAYOT S., 1996 - *Distribution spatiale des transferts de surface à l'échelle du versant*. Contexte Armoricain. Thèse de Docteur de l'ENSAR, 218 p. + annexes.
- Démangeot J., 2000. Les milieux naturels du globe. 300 P.
- Desbordes M., Noyelle *J. (1994) - Ruissellement pluvial urbain : guide de prévention. Évaluation du risque. Éléments de méthode - Editions La Documentation française, Paris 87 p.*
- Economie Appliquée, Formulation et Evaluation des, IICA-HAITI , Port-au-Prince ,Haïti ,1973
- Edward J. Lawler. 2002. "Micro Social Orders." *Social Psychology Quarterly*. 65(1): 4-17.et de l'habitat. Port-au-Prince: IHSI, Bureau du 4ème recensement.
- FAO, 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Disponible sur internet: FEM, Mai 2006.
- FERNANDEZ, B, E. 1997. Stratégies pour le renforcement de l'aménagement des bassins versants en zones tropicale. XIe congrès Forestier Mondial. Antalya Turquie.
- FONDANECHE, Juillet 2006. Rédiger un mémoire professionnel, de master ou une thèse. 2eme édition, 186p
- Georges Y. et Jasmin J., 2007. Evaluation des menaces dues à la sédimentation de la rivière Grise sur les zones de proximité. P 52

- GIL, N. (1986) Aménagement des bassins versants. Conservation des sols et des eaux. Rome, Italie, FAO, 228p
- GIRAULT, Christian A. 1985, « Situation »In atlas d'Haiti. CEGET et université de Bordeaux 3, 1985. Planche I-situation. Talence : CEGET.
- Gravelius, H. (1914) Grundrifi der gesamten Gewâsserkunde, Band 1: h'lufikunde (Compendium of Hydrology?, vol. 1: Rivers, in German). Goschen, Berlin, Germany.
- Ham, D. G., and M. Church, Bed-material transport estimated from channel morphodynamics: Chilliwack River, British Columbia, Earth Surf. Processes Landforms, 25, 1123–1142, 2000.
- HÉBERT, S. et S. LÉGARÉ, 2000. *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p. et 3 annexes.
- **HOLLY G.** (1999) :*Les Problèmes Environnementaux de la Région Métropolitaine de Port-au-Prince. Port-au-Prince :* **Commission du 250e Anniversaire de Port-au-Prince**.
- IHSI, August 2003. Résultats Préliminaires: 4ème Recensement général de la population
- IICA(1969) : « Les bassins et zones hydrologiques de la république d'Haiti » 50p
- INESA, 2008 : Impact socioéconomique de la dégradation des terres en Haïti et intervention pour la réhabilitation du milieu cultivé. 79 P
- INESA, 2008, Impacts socioéconomiques de la dégradation des terres en Haïti et interventions pour la réduction du milieu cultivé. MDE/CEPALC/PNUD/PAGE, Janvier 2088
- JOSEPH, V.1999. « La situation actuelle des bassins versants d'Haiti et les différentes approches d'aménagement ». Haiti Econet Edition spéciale, pp.93-101
- JOSEPH,F.R. Diagnostic de la dégradation du bassin versant de la rivière de la rivière de Fonds-Verrettes en vue de son aménagement. Mémoire FAMV, Port-au-Prince, Haiti
- L. Albarello et al. Pratique et méthodes de recherches en sciences sociales, Paris, A. Colin (Coll. « Cursus »), 1995, p 9
- LACOSTE A., SALOMON R. 1996 : Elément de biogéographie et d'écologie. Nathan Universite. Paris pp. 83-99
- Lambert, C. P. & Walling, D. E. (1988) Measurement of channel storage of suspended sediment in a gravel bed river. Catena 15,65-80.
- LEONE, MESCHINET DE RICHEMOND ET VINET, Juin 2010. Aléas naturels et gestion des risques. 1ere édition. 284p

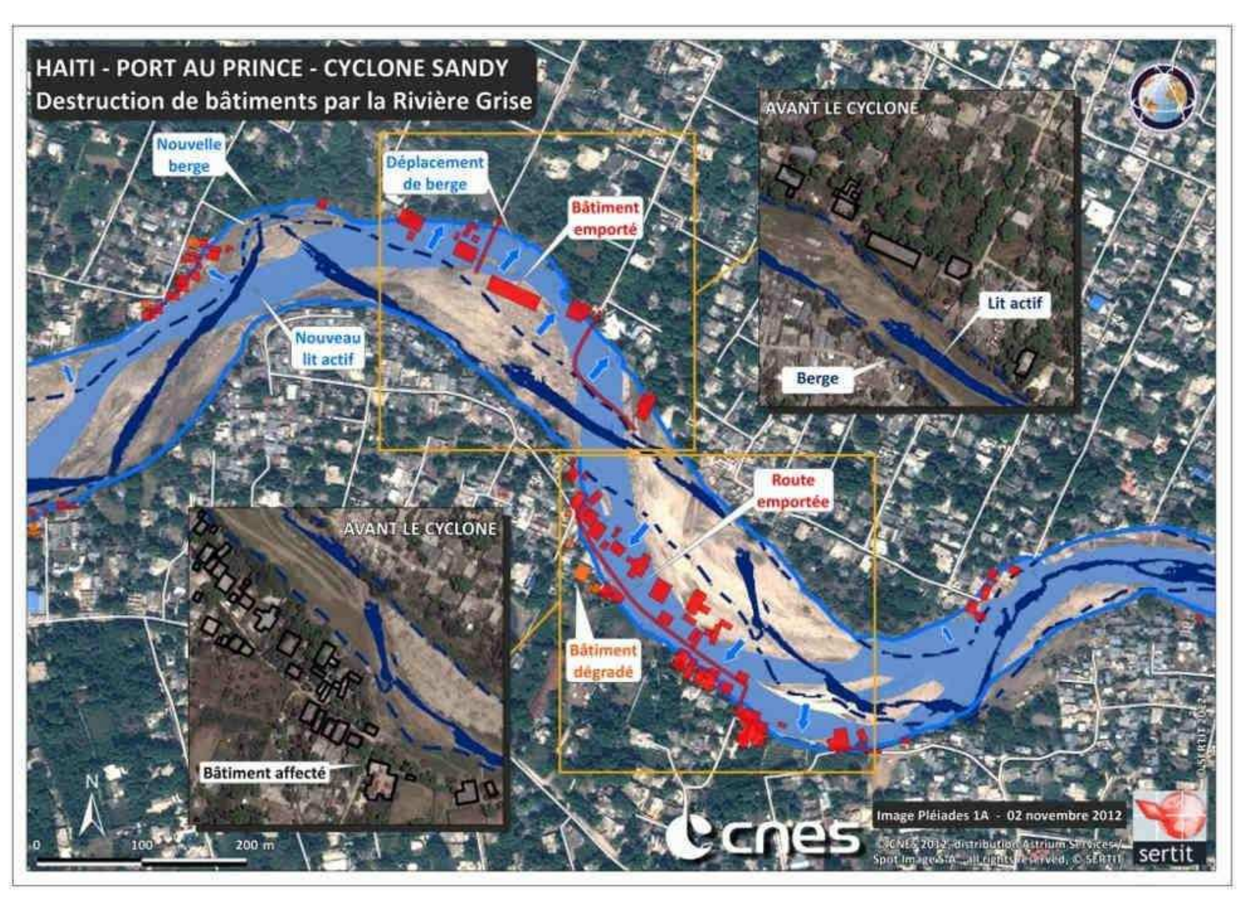
- MDE, 2006, Appui à la Gestion durable des terres en Haïti par le renforcement des capacités
- Micheli, E.R., Kirchner, J.W., 2002a. Effects of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. 1. Remote sensing measurements of streambank migration and erodibility. Earth Surf. Process. Landf. 27, 627–639. NET/ CARE, CRS, SC, WV. Septembre 2005.
- Odgaard, A.J. (1987) Streambank erosion along two rivers in Iowa. Water Resources Research 23(7): 1225–36.
- Organisation météorologique mondiale, *Comprehensive risk assessment for natural hasards*, Technical document N° 955, Genève, OMM, 1999) Projet de taille moyenne-Assistance préparatoire. Document de travail ; MDE, PNUD,
- Roose E., 1991. Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne. In »La jachère en Afrique de l'Ouest » C. Floret et G. Serpantié, édit. scient. , Edition ORSTOM, séries colloques, Montpellier, 494 p.
- Roose E., 1994. Introduction à la GCES. Bulletin FAO des Sols, Rome, n°70, 420 p.
- Roose, E. 1994. Les grands thèmes de recherche sur l'érosion, obstacle au développement agricole durable. Séminaire régional « Systèmes agraires et Agriculture Durable ». Cotonou
- SAINT-PREUX, J.F.K. (2000) : « diagnostic de la dégradation du bassin versant de la rivière Massac en vue de son aménagement (Région des Palmes, Petit-Goave). » Mémoire d'ing.-Agro. FAMV, UEH, Damien, Haiti, 72p
- SHENG, T.C. 1993 : « Guide pratique d'aménagement des bassins versants. Etude et planification » Rome, Italie, FAO, 185p
- SHENG, TED C. Guide pratique d'aménagement des bassins versants. Etude de planification cahier FAO conservation.
- SILDOR E. 2002.Aménagement du bassin versant de la Cote des Arcadins. P-au-P, Haiti, 82p
- Thorne, C.R., 1982. Processes and mechanisms of river bank erosion. In: Hey, R.D., Bathurst, J.C., Thorne, C.R. (Eds.), Gravel-bed Rivers: Fluvial Processes, Engineering, and Management. John Wiley & Sons, New York, pp. 227–271.
- *UTSIG, 2002*. Unité de Télédétection et de Systèmes d'Information Géographique, la version Intérimaire
- WALLING, D.E., 1988. Erosion and sediment yield research - Some recent perspectives, *Journal of Hydrology*, 100: 113-141.

Consultations électroniques

- http://www2.ulg.ac.be/geolsed/processus/processus.htm/consulté le 08/05/12
- www.u-picardie.fr/ consulté le 20 Aout 2012
- http://www.aquaportail.com/definition-4158-crue.html#ixzz25ax61nht/consulté le 05 septembre 2012
- http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/crue/20764 / consulté le 05 septembre 2012
- www.ecosociosystemes.fr/crue.html./consulté le 28 Avril 2012
- http://www.risques-meteo.ac-versailles.fr/Suivre-le-niveau-d-eau/consulté le 30 Juillet 2012
- http://www.risques-meteo.ac-versailles.fr/30-Vigilance-crues/consulté le 30 Juillet 2012
- www.agridea.ch-fevrier 2008/consulté le 15 avril 2012
- http://jaimesaint-marc.blogspot.com/2012/03/voir-une-carte-plus-grande-cette-carte.html: consulté le 19/08/2012
- www.Levoyageur.com/consultee le 30 Juin 2012
- http://www.bme.gouv.ht/mines/woodring/consulte le 28 Aout 2012
- http://www.freemaptools.com/area-calculator.htm/consutee le 11 Aout 2012.

ANNEXE

Figure 42: Destruction de bâtiments due à la divagation des berges et des débordements par la rivière Grise (passage de Cyclone Sandy, 2012)



Source : KAL-Haiti, Novembre 2012

Tableau 17 : Localités pour la réalisation des enquêtes

Zone d'étude	département	Communes Traversées par le BV	Sections communales sélectionnées pour l'enquête.	Nombre total de localités du BV	Localités spécifiques pour l'enquête
BV de la rivière Grise	Ouest	1-Kenscoff 2-Pétion-ville 3-Croix-Des-Bouquets 4-Delmas 5-Tabarre 6-Cité Soleil	1-Belle-Fontaine 2-Bellevue 3-Montagne Noire 4-Petit Bois 5-Varreux 6-Aux Cadets	167	1-Morne Prospère 2-La Ferronay 2.1-Tapage 2.2-Crois-Des-Missions 3-Pernier 3.1-Galette 4-Dumay 4.1-Cimetière 4.2-Trois Rigole 4.3-Santo 5-Robert 5.1-Damiens 5.2-Mouline 5.3-Duvivier 5.4-Bassan 5.5-Jammeau 6-Morne Jacot
BV de la rivière de Montrouis	Ouest et Artibonite	1-Arcahaie 2-Saint-Marc	2-Montrouis (8eme section communale de l'Arcahaie 1-Délugé (première section communale de Saint-Marc)	55	1-Marchée 2-Fond Paul 3-cimetière 4-Dauphine 5-Plaine Olive 6-Morne Mars 7-Langlois 8-Thienne 9-Robert 10-Gressot 11-Montrouis

Questionnaire d'enquête sur les exploitations agricoles touchées par les crues et l'érosion des berges des rivières Grise et Montrouis.

Objectif de l'enquête : identifier l'impact des crues et de l'érosion des berges sur la perte des terres agricoles et le rendement des cultures pratiquées pendant la période de 2002-2010.

No fiche : ______________________________________

Zone d'étude : BV_________________________ Commune______________
Section Communale_________________ Site de l'enquête (localité) _________________________
Coordonnées géographiques____
Nom de l'agriculteur : _______________________________ niveau d'étude__________________
Adresse____ tél______________________

1-Système de Production

A-Type de faire valoir des terres

Critères / Exploitations agricoles	type de FV	Mode d'acquisition	Superficie (ha, Cx)

Type de FV :

A.1-FVD et mode d'acquisition: A.1a) achat A.1b) héritage A.1c) indivision

A.2-FVI: A.2a) fermage A.2b) métayage A.2c) usufruit

NB : FVD = Faire valoir direct et FVI = Faire valoir indirect

B-Capital travail (Main-d'œuvre)

Critères / Type	Relation (Chef d'exploitation agricole, enfant, femme ou autres personnes…	Forme d'organisation (combite, escouade…)	Homme/jour	Coût
Main-d'œuvre familiale				
Main-d'œuvre externe				

C-Système de cultures

Critères / Exploitations agricoles	Espèces (semences)	Quantité de semences (marmite, kilo)	Date de plantation	Période de récolte	Importance de la production (marmite, kilogramme)

D-Système d'irrigation

Critères / Type	Apport d'eau	Tombée de la pluie

2-Semences

Mode d'approvisionnement

Critères / Type	Auto-approvisionnement	Achat	Coût par unité (marmite, kilo)	Mode de conservation (silo….)	Problèmes de conservation

3-Mode de conservation des terres

Mois / **Exploitations agricoles**	Mise en place des structures antiérosives.	Raisons et Objectifs

4-Pesticides et/ou autres moyens de lutte contre les ravageurs

Critères / **Exploitations agricoles**	Insecticides	Herbicides	Lutte culturale	Lutte biologique

5-Outillage

Critères / **Exploitations**	Machines agricoles	Machette	Houe	Pioche	Perle	Autres

agricoles						

6-Types d'engrais utilisés

Critères / **Exploitations agricoles**	Fertilisants chimiques	Fertilisants organiques

7-Problèmes des systèmes de cultures rencontrés

Systèmes de cultures / **Problèmes**	Monoculture	Polyculture
Divagation du lit de la rivière		
Types de cultures pratiquées (cultures annuelles, pérennes etc.)		

Cultures dominantes	Période	Année

8-Types d'élevage

	Elevage libre	Elevage à la corde
Semestre 1		
Semestre 2		

8-Aléas naturels et fréquence (date)

Aléas	Type	Période ou	Niveau de	Surfaces agricoles	Fréquence

naturels		année	dommage sur les cultures	affectées (m^2)	

NB : Aléas naturels : Inondation ou débordement de la rivière, affouillement, sapement de berges.

Fréquence : 1-faible (rare) 2-moyenne (pluriannuelle) 3-élevée (annuelle)

Dommages : 1-faible (<50% perte) 2-moyen (50% perte de l'exploitation agricole) 3-élevé (>50% perte)

9-Rentabilité des récoltes

Critères / Récolte/année	Faible rendement	Rendement moyen	Fort rendement

NB : Une idée de la quantité de production obtenue et causes des aléas pouvant expliquer la faiblesse. En outre, on va considérer qu'il y a un faible, fort rendement ou un rendement moyen selon les renseignements donnés par les agriculteurs sur la diminution des surfaces des exploitations agricoles cultivées.

10-Autres activités économiques au niveau de la localité

Secteurs / **Etat des infrastructures**	**Secteur primaire**	**Secteur secondaire**	**Secteur tertiaire**

NB : 1-Secteur primaire : Ressources naturelles, matières premières, agriculture, mine…)

2-Secteur secondaire : Industries de transformations

3-Secteur tertiaire : Commerce